



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 14-5501

**PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN
PACITAN-BTS. KABUPATEN PONOROGO KM SBY.
260+700 - KM SBY. 264+100 DENGAN
MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU DI KAB.
PACITAN, JAWA TIMUR**

**TULUS SAPUTRO
NRP. 3113030070**

**RISANDA YUGO PRATAMA
NRP. 3113030080**

**DOSEN PEMBIMBING
Ir. DJOKO SULISTIONO, MT
NIP. 19541002 198512 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL APPLIED PROJECT - RC 14-5501

**DESIGN OF IMPROVEMENT ROAD OF PACITAN -
PONOROGO DISTRICT KM SBY. 260+700 - KM
SBY. 264+100 USED RIGID PAVEMENT PACITAN
DISTRICT, EAST JAVA PROVINCE**

**TULUS SAPUTRO
NRP. 3113030070**

**RISANDA YUGO PRATAMA
NRP. 3113030080**

**Consellor Lecturer
Ir. DJOKO SULISTIONO, MT
NIP. 19541002 198512 1 001**

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN
RENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN PACITAN-BTS.
LOKASI: KAWASAN PONTON PONOORO KM SBY 260+700 – KM SBY 264+100
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU DI KAB.
PACITAN, JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

Ditetapkan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Konsentrasi Bangunan Transportasi
Program Studi D III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

Mahasiswa I

Mahasiswa II



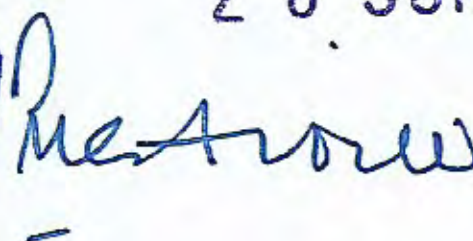
TULUS SAPUTRO
3113030070



RISANDA YUGO
3113030080

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

28 JUN 2016



I. DJOKO SULISTIONO, MT.
NIP 19541002 198512 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Tulus Saputro / Risanda Yugo P.

№ п/п. 3113030070 / 3113030080

Jurusan / Fak. : III Teknik Sipil / FTSP

Alamat kontak :

a. Email : hulussaputro@gmail.com

b. Telp/HP : 0838 31603290

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*) kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perencanaan Peningkatan Rivas Jalan Paitan - BTS.
Kabupaten Ponorogo KM SBY 260+100 - KM SBY 264+100
dengan Mengumpulkan Perkerasan Kaku Di Kab. Paitan, Jawa Timur

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal : 28 Juni 2016

Yang menyatakan,


Tutus Saputra

Nrp. 3113030070



KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : 1. Tulus Sapuro 2. Riscunda Yugo P
NRP : 1. 3113030070 2. 3113030080
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Peningkatan Rwy Jalan Pacitan-BTs. Kab. Bojonegara
 KM SBY 260+700 - 264+100 dengan Perkerasan Kaku
Dosen Pembimbing : Ir. Doko Sulistiono, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	15-2-2016	Menghitung Analisa Kapasitas jalan	Jales!			
		- Menentukan Densitas kesempurnaan				
		- Menghitung Kontrol Alinyemen Vertikal dan Horizontal		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	29-2-2016	Menentukan besar pelebaran yang diperlukan	Jales!			
		- Perhitungan kontrol Alinyemen Horizontal bila tidak memenuhi maka memvalidasi data yang memungkinkannya untuk		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Bila memungkinkan membuat desain ulang agar kontrol Alinyemen Horizontal memenuhi				
3.	15-3-2016	Menanyakan hasil perhitungan kontrol Alinyemen Vertikal yang sudah input ke Dosen Pengajar	Jales!	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Menentukan tebal perkerasan yang dipakai				
		- Pembacaan Data CBR Laboratorium diserahkan ke peralaboran Lab.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



Nama NRP

1 Tulus Saputro
3113030070

2 Risanda Yugo P
2 3113030080

Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Pacitan - BTS. Kab.
Ponorogo KM 58Y 260+700 - 264+100 dengan Perkerasan Kaku

Ket. : - *Sen*
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : 1 Tulus Saputro 2 Rizanda Xugo P
NRP : 1 3113030080 2 3113030080
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Bantalan bus jalan Pacitan - Bts Kob
 Ponorogo dengan Menggunakan Bantalan Kaku K14 SBY 2001700 -
 K14 SBY 2041100
Dosen Pembimbing : Ir. Djoko Sulistiono, M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	19 - mei - 2019	- Perencanaan drainase L. un- javan menggunakan catchment				
		- Perhitungan Stabilitas lereng hanya menang dari H kritis		B	C	K
		- CBK menggunakan yang minimum		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

ABSTRAK

PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN PACITAN-BTS. KABUPATEN PONOROGO KM SBY 260+700 – KM SBY 264+100 DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU DI KAB. PACITAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : TULUS SAPUTRO

NRP : 3113030070

Nama Mahasiswa : RISANDA YUGO P.

NRP : 3113030080

Dosen Pembimbing : Ir. DJOKO SULISTIONO, MT

NIP : 19541002 198512 1 001

Ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo merupakan salah satu akses yang menghubungkan kabupaten Pacitan dan kabupaten Ponorogo. Ruas jalan tersebut di prediksi akan dilalui oleh beberapa kendaraan berat karena besarnya potensi wisata yang ada di kabupaten Pacitan, selain itu jalan tersebut sering terganggu akibat longsornya tebing di sekitar ruas jalan yang mengakibatkan terganggunya pengguna jalan. Proyek peningkatan jalan Pacitan – Bts.Kab. Ponorogo merupakan proyek peningkatan jalan yang bertujuan untuk mengembalikan kualitas jalan dan memberikan pelayanan yang lebih baik pada pengguna jalan dengan cara melakukan pencegahan terhadap kelongsoran tebing yang mungkin terjadi di beberapa titik.

Perencanaan peningkatan ruas jalan Pacitan - Bts.Kab. Ponorogo KM SBY 260+700 – KM SBY 264+100 ini menggunakan struktur perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dengan pertimbangan umur rencana yang lebih panjang yaitu 20 tahun. Analisa perhitungan yang dilakukan pada perencanaan jalan ini

diantaranya analisa kapasitas jalan dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, perhitungan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003), kontrol geometrik jalan dengan menggunakan Perencanaan Geometrik Jalan, Perencanaan Drainase dengan metode SNI 03-342-1994, dan perencanaan anggaran biaya menggunakan buku petunjuk teknis Harga Satuan Pokok (HSPK) 2015 dan perencanaan stabilitas lereng dengan metode peninjauan H kritis dari Dinas PU.

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan pada awal tahun rencana s/d akhir umur rencana (2017-2037) untuk perencanaan ruas jalan tersebut didapatkan kesimpulan bahwa jalan tersebut tidak membutuhkan pelebaran. Tebal untuk perkerasan kaku adalah 20,5 cm dengan beton K-400 diatas lantai kerja berupa lean concrete 10 cm dengan menggunakan beton K-175. Hasil analisa kontrol geometrik jalan yang dilakukan tidak terdapat perubahan geometrik jalan pada ruas jalan ini. Perencanaan saluran tepi drainase menggunakan bentuk Persegi dengan dimensi drainase yang bervariasi. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek ini adalah sebesar **Rp. 18,840,774,449.76** (Terbilang Delapan Belas Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Empat Ratus Empat Puluh Sembilan Rupiah).

Kata kunci : Perkerasan Beton Semen, Geometrik Jalan, Drainase.

ABSTRACT

DESIGN OF IMPROVEMENT ROAD OF PACITAN – PONOROGO DISTRICT KM SBY. 260+700 – KM SBY. 264+100 USED RIGID PAVEMENT PACITAN DISTRICT, EAST JAVA PROVINCE

Student Name : TULUS SAPUTRO
NRP : 3113030070

Student Name : RISANDA YUGO P.
NRP : 3113030080

Consellor Lecturer : Ir. DJOKO SULISTIONO, MT
NIP : 19541002 198512 1 001

Segment of road Pacitan – Ponorogo is one of road access which connected between Pacitan district and Ponorogo district. That road is predicted and will be acrossed by Heavy Vehicles because in the Pacitan district have big potential of tourist attraction. In other side the road is always disturbed by landslide from the slop around that road which affect the traffic. Project improvement road of Pacitan – Ponorogo district is the improvement road project to restore the quality of road and give better service for the road users by give prevention method against the landslide that may occur at several point along the road.

The planning of road improvement in road Pacitan – Ponorogo district KM SBY 260+700 – KM SBY 264+100 is using a rigid pavement structure with a longer age of planning considerations for 20 years. The method used in the planning of

this road include road capacity analysis using Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, the calculating of rigid pavement thickness by using the Planning Guildlines Cement Concrete Pavement Road (Pd T-14-2003), Geometric Control path by using Geometric Roads Planning, Drainage planning by SNI 03-342-1994, the budget plan by using Technical Manuals Principal Activities Unit Price (HSPK) 2015 and slope stability planning by using critical H method from PU Departement.

*Based from the calculation of the degree of saturation on the first year of planning until the end year of planning (year 2017-2037) for the planning of road is concluded that road does not need to be widened. The thickness of rigid pavement is 21 cm using K-400 concrete above the work floor in the form of lean concrete using K-175 concrete. The result of the road geometrical control that conducted is there is no changing of road geometrical in this road. The planning of drainage channel using a square form with a varied dimensions. The cost that needed for this project construction is **Rp. 18,840,774,449.76** (said Eighteen Billion Eight hundred and Fourty Million Seven Hundred and Seventy-Four Thousand Four Hundread and Fourty Nine Rupiah).*

Keywords: Rigid Pavement, Geometric, Drainage.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami ucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul **“Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Pacitan-Bts. Kabupaten Ponorogo KM Sby 260+700 – KM Sby 264+100 dengan Menggunakan Perkerasan Kaku di Kab. Pacitan, Jawa Timur”**. Proyek akhir adalah salah satu syarat akademik yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Proyek akhir ini tersusun dan terselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam Proyek Akhir ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kami sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Proyek Akhir.
2. Kedua orang tua kami, saudara-saudara kami, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun materi terutama doa dan semangatnya.
3. Bapak Ir. Djoko Sulistiyono, MT selaku dosen pembimbing kami yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
4. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir terapan yang tidak mampu disampaikan satu per satu, kami ucapkan terima kasih.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan . Untuk itu kritik dan

saran yang bersifat membangun sangatlah kami hrapkan demi kesempurnaan Proyek akhir ini.

Demikian yang penulis dapat sampaikan terima kasih sekali lagi kepada semua yang telah ikut berperan dalam penyusunan proyek akhir ini. Semoga dapat berguna bagi semua aamiin.

Surabaya, 26 Juni 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

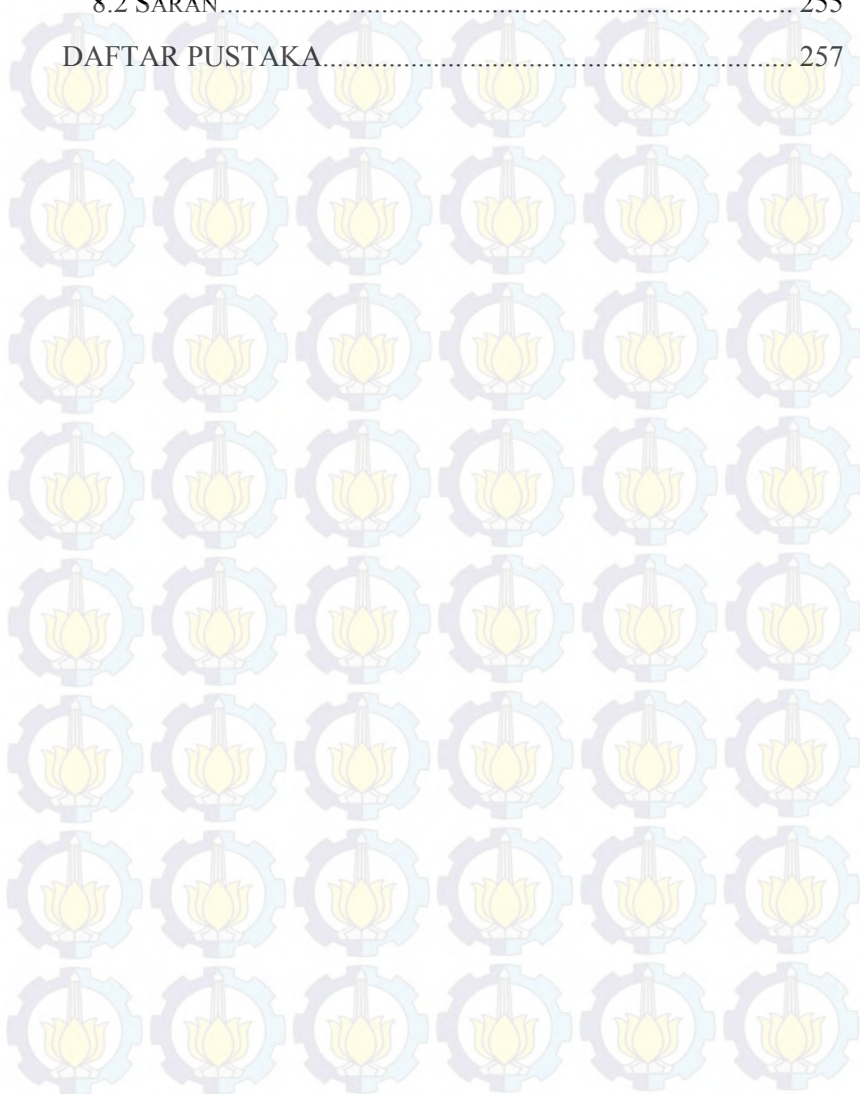
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxiv
DAFTAR GRAFIK.....	xxx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 UMUM.....	1
1.2 LATAR BELAKANG	1
1.3 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 TUJUAN	3
1.6 MANFAAT	4
1.7 LOKASI PROYEK	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 UMUM.....	7
2.2 ANALISA KAPASITAS	7
2.2.1 Kapasitas Dasar	7
2.2.2 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebarjalur lalu lintas (FCw).....	9

2.2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah (FCsp)	10
2.2.4 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCSF)	10
2.2.5 Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan	12
2.2.7 Derajat kejenuhan	12
2.3 KONTROL GEOMETRIK	13
2.3.1 Kebutuhan Lajur	14
2.3.2 Alinyemen Horizontal	14
2.3.3 Alinyemen Vertikal	24
2.3.4 Koordinasi alinyemen	29
2.4 PERENCANAAN PERKERASAN KAKU	32
2.4.1 Struktur dan jenis perkerasan beton semen	32
2.4.2 Pelapisan Tambahan Perkerasan Beton Semen diatas Perkerasan Lentur	32
2.4.2 Tanah Dasar	33
2.4.3 Pondasi Bawah	34
2.4.4 Beton Semen	34
2.4.5 Perencanaan tebal perkerasan	35
2.4.6 Perencanaan Tulangan	39
2.4.8 Sambungan	41
2.5 PERENCANAAN DRAINASE	45
2.5.1 Analisis Data Hidrologi	46
2.5.2 Perencanaan Dimensi Saluran	53
2.5.3 Perencanaan Gorong – Gorong	54
2.6 RENCANA ANGGARAN BIAYA	56
2.6.1 Volume Pekerjaan	56
2.6.2 Harga Satuan Pekerja	56
BAB III METODOLOGI	57
3.1 PEKERJAAN PERSIAPAN	57

3.2 PENGUMPULAN DATA.....	57
3.3 PENGOLAHAN DATA	58
3.3.1 Pengolahan Data Lalu Lintas.....	58
3.3.2 Pengolahan Data CBR Tanah Dasar.....	58
3.3.3 Pengolahan Data Curah Hujan	58
3.4 PERENCANAAN PENINGKATAN JALAN	59
3.5 PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU.....	59
3.6 KONTROL GEOMETRIK JALAN	59
3.7 PERENCANAAN DRAINASE.....	59
3.8 PERENCANAAN STABILITAS LERENG	60
3.9 GAMBAR RENCANA	60
3.10 RENCANA ANGGARAN BIAYA	60
3.11 KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
3.11 FLOW CHART	61
BAB IV PENGUMPULAN DATA	63
4.1 UMUM.....	63
4.2 PENGUMPULAN DATA	64
4.2.1 Peta Lokasi	64
4.2.2 Data geometrik Jalan raya	66
4.2.3 Data Lalu Lintas	66
4.2.4 Data CBR	67
4.2.5 Data Curah Hujan.....	68
4.2.6 Gambar Kondisi Eksisting.....	69
4.3 PENYAJIAN DATA	70
4.3.1 Data Lalu Lintas	70
4.3.2 Data Curah hujan.....	94
BAB V PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA	101
5.1 ANALISA DATA LALU LINTAS	101
5.1.1 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Eksisting.....	101

5.2 PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN	113
5.2.1 Kontrol Alinyemen	113
5.3 PERENCANAAN PERKERASAN	134
5.3.1 Analisa Lalu Lintas	134
5.3.2 Perhitungan Tebal Perkerasan	146
5.3.3 Analisa CBR.....	148
5.3.4 Pondasi Bawah	151
5.3.5 Beton Semen.....	151
5.3.6 Umur Rencana.....	151
5.3.7 Perhitungan Tebal Pelat Beton	151
5.3.4 Perhitungan Penulangan dan Sambungan	179
5.4 PERENCANAAN SISTEM DRAINASE.....	184
5.4.1 Pengolahan data curah hujan	185
5.4.2 Penentuan Dimensi Drainase.....	191
5.4.3 Perencanaan Dimensi Gorong-Gorong.....	201
BAB VI METODE PELAKSANAAN	205
6.1 METODE PELAKSANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN PACITAN-BTS. KAB. PONOROGO KM. SBY.260+700- KM. SBY. 264+100 DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU	205
6.1.1 Urutan Pekerjaan Peningkatan Ruas Jalan Pacitan-Bts. Kab. Ponorogo KM. Sby. 260+700- KM. Sby. 264+100 dengan Menggunakan Perkerasan Kaku	206
6.1.2 Skema pengaturan lalu lintas.....	224
BAB VII RENCANA ANGGAAN BIAYA	227
7.1 VOLUME PEKERJAAN.....	227
7.2 DAFTAR HARGA SATUAN	239
7.3 HARGA SATUAN POKOK PEKERJAAN	240
7.3 REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA	248
BAB VIII PENUTUP.....	251

8.1 KESIMPULAN	251
8.2 SARAN.....	255
DAFTAR PUSTAKA.....	257





DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek.....	5
Gambar 1. 2 KM Sby. 264+100	6
Gambar 1. 3 Lokasi KM Sby. 260+700	6
Gambar 2.1 Gambar Lengkung Full Circle.....	19
Gambar 2. 2 Lengkung Spiral-Circle-Spiral	20
Gambar 2.3 Lengkung Spiral-Spiral	22
Gambar 2.4 Lengkung Vertikal Cembung dengan $S < L$	28
Gambar 2.5 Lengkung Vertikal Cembung dengan $S > L$	29
Gambar 2.6 Lengkung Vertikal Cekung dengan $S < L$	29
Gambar 2.7 Lengkung Vertikal Cekung dengan $S > L$	29
Gambar 2.9 Koordinasi yang ideal antara alinemen horizontal dan alinemen vertikal yang berimpit.....	30
Gambar 2.8 Koordinasi yang harus dihindarkan, dimana alinemen vertikal menghalangi pandangan pengemudi pada saat mulai memasuki tikungan pertama	31
Gambar 2.10 Koordinasi yang harus dihindarkan, di mana pada bagian yang lurus pandangan pengemudi terhalang oleh puncak alinemen vertikal sehingga pengemudi sulit memperkirakan arah alinemen di balik puncak tersebut	31

Gambar 2. 11 Hubungan CBR dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar.....	33
Gambar 2.12 Grafik Menentukan Nilai CBR Tanah Dasar Rencana	33
Gambar 2.13 Grafik Menentukan Tebal Perkerasan Kaku	34
Gambar 2.14 Tipikal Sambungan memanjang.....	42
Gambar 2.15 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang	42
Gambar 2. 16 Kurva Basis	50
Gambar 3. 1 Flow Chart Metodologi.....	62
Gambar 4.1 Peta Lokasi Proyek	65
Gambar 4.2 Kondisi Eksisting Jalan	69
Gambar 4.3 Kondisi Eksisting Saluran	69
Gambar 4.4 Kurva Basis	98
Gambar 5.1 Sketsa Lengkung Vertikal Cembung STA 0+163.864.....	123
Gambar 5.2 Sketsa Lengkung Vertikal Cekung STA 0+015.648.....	127
Gambar 5. 3 Rambu Dilarang Mendahului	133
Gambar 5. 4 Analisa Fatik STRT $t=20$ cm.....	155
Gambar 5. 5 Analisa Fatik STRT $t=20$ cm.....	156
Gambar 5. 6 Analisa Fatik STRG $t=20$ cm.....	157

Gambar 5. 7 Analisa Fatik STRG $t = 20$ cm	158
Gambar 5. 8 Analisa Fatik STdRG $t = 20$ cm	159
Gambar 5. 9 Analisa Erosi STRT $t = 20$ cm	160
Gambar 5. 10 Analisa Erosi STRT $t = 20$ cm	161
Gambar 5. 11 Analisa Erosi STRG $t = 20$ cm	162
Gambar 5. 12 Analisa Erosi STRG $t = 20$ cm	163
Gambar 5. 13 Analisa Erosi STdRG $t = 20$ cm	164
Gambar 5. 14 Sketsa Perkerasan Kaku di atas Perkerasan Lentur	167
Gambar 5. 15 Analisa Fatik STRT $t = 20,5$ cm	169
Gambar 5. 16 Analisa Fatik STRT $t = 20,5$ cm	170
Gambar 5. 17 Analisa Fatik STRG $t = 20,5$ cm	171
Gambar 5. 18 Analisa Fatik STRG $t = 20,5$ cm	172
Gambar 5. 19 Analisa Fatik STdRG $t = 20,5$ cm	173
Gambar 5. 20 Analisa Erosi STRT $t = 20,5$ cm	174
Gambar 5. 21 Analisa Erosi STRT $t = 20,5$ cm	175
Gambar 5. 22 Analisa Erosi STRG $t = 20,5$ cm	176
Gambar 5. 23 Analisa Erosi STRG $t = 20,5$ cm	177
Gambar 5. 24 Analisa Erosi STdRG $t = 20,5$ cm	178
Gambar 5.25 Sambungan Susut Melintang (<i>Contraction Joint</i>)	183

Gambar 5. 26 Sambungan Pelaksanaan Memanjang (<i>Constructionn Joint</i>)	183
Gambar 5. 27 Denah Penulangan dan Sambungan	184
Gambar 5. 28 Kurva Basis dengan I rencana	190
Gambar 5. 29 Kurva Basis untuk Menentukan nilai I dengan $T_c = 6,050$ menit	193
Gambar 6. 1 Kondisi Eksisting Drainase	207
Gambar 6. 2 Drainase Tipe 3	208
Gambar 6. 3 Drainase Tipe 4	208
Gambar 6. 4 Drainase Tipe 2	208
Gambar 6. 5 Drainase Tipe 1	208
Gambar 6. 7 Drainase Tipe 6	208
Gambar 6. 9 Drainase Tipe 8	208
Gambar 6. 8 Drainase Tipe 7	208
Gambar 6. 6 Drainase Tipe 5	208
Gambar 6. 10 Bagan Alir Pekerjaan <i>Lean Concrete</i>	213
Gambar 6. 11 Proses Pemasangan Tulangan	214
Gambar 6. 12 Persiapan Lahan beserta Pemasangan dowel dan <i>tie bars</i>	214
Gambar 6. 13 Alat Fixedform Concrete Paver	216
Gambar 6. 14 Peta Lokasi Batching Plant	217

Gambar 6. 15 Benda Uji untuk Tes Slump dan Uji Kuat Taik Lentur	217
Gambar 6. 16 Benda Uji untuk Uji Kuat Tekan.....	218
Gambar 6. 17 Proses Penghamparan Beton <i>Readymix</i>	219
Gambar 6. 18 Penghamparan Beton dengan <i>Fixedform Concrete Paver Manual</i>	219
Gambar 6. 19 Proses Grooving	220
Gambar 6. 20 Alat Grooving	220
Gambar 6. 21 Proses Cutting Beton	220
Gambar 6. 22 Proses Curing Beton	220
Gambar 6. 23 Pemasangan Plastic Sheet	221
Gambar 6. 24 Pengisian Joint Filler	221
Gambar 6. 25 <i>Flow Chart</i> Pekerjaan Perkerasan Beton....	223
Gambar 6. 26 Skema Pengaturan Lalu-Lintas dari arah Pacitan - Ponorogo	225
Gambar 6. 27 Skema Pengaturan Lalu-Lintas dari arah Ponorogo -Pacitan	225
Gambar 7. 2 Sketsa Potongan Melintang STA 0+200.....	228
Gambar 7. 1 Sketsa Potongan Melintasng STA 0+150.....	228
Gambar 7. 3 Dimensi Lean Concrete	231
Gambar 7. 4 Dimensi Bahu Jalan.....	232
Gambar 7. 5 Dimensi Perkerasan Beton	232

Gambar 7. 7 Sketsa Potongan Melintang STA 0+200	233
Gambar 7. 6 Sketsa Potongan Melintang STA 0+150	233
Gambar 7. 8 Dimensi Drainase Tipe 1	237
Gambar 8.2 Drainase tipe 2.....	252
Gambar 8.1 Drainase tipe 1	252
Gambar 8.3 Drainase tipe 3	252
Gambar 8.4 Drainase tipe 4	252
Gambar 8.5 Drainase tipe 5	252
Gambar 8.6 Drainase tipe 6	252
Gambar 8.8 Drainase tipe 8	252
Gambar 8.7 Drainase tipe 7	252

DAFTAR TABEL

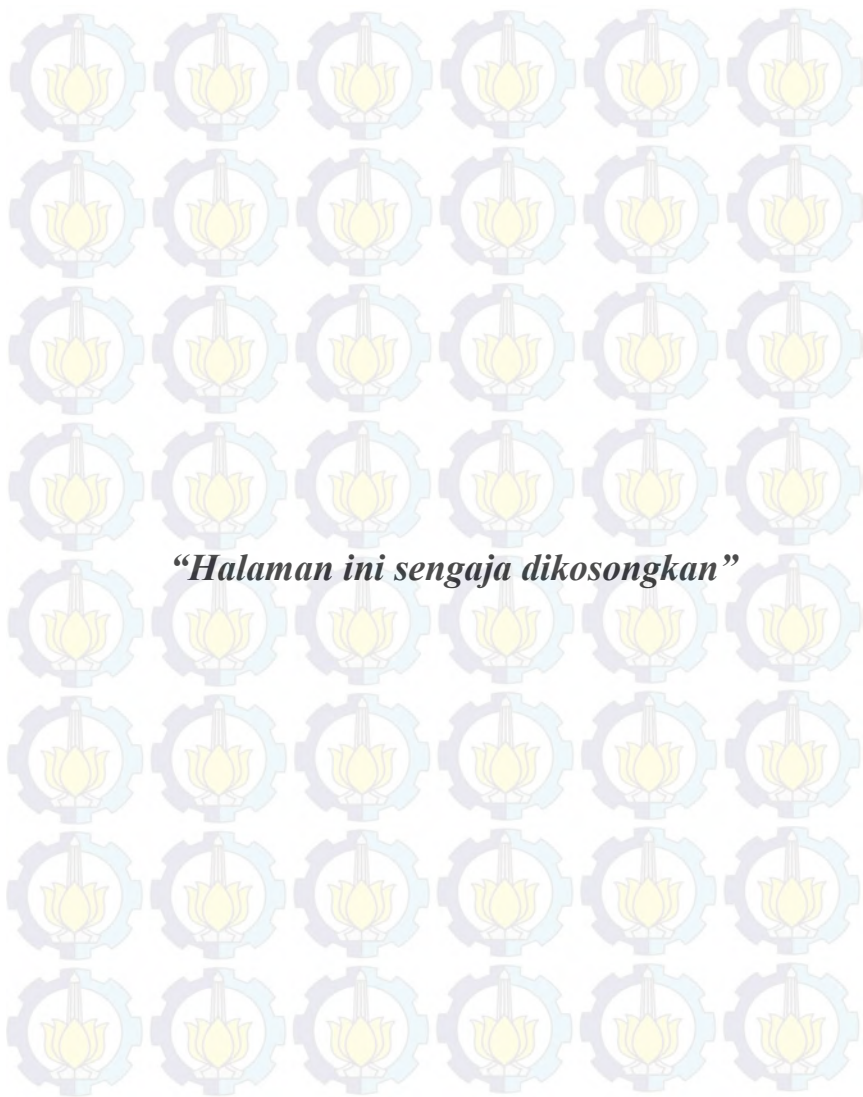
Tabel 2. 1 Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 2/2 UD	8
Tabel 2. 2 Pembagian Tipe Alinyemen	9
Tabel 2.3Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (F _{cw}).....	9
Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah	10
Tabel 2.5 Kelas Hambatan Samping	11
Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian akibat Hambatan Samping (F _{CSF})	11
Tabel 2. 7 Nilai emp untuk Tiap Jenis Kendaraan Berdasarkan Tipe Alinyemen.....	13
Tabel 2.8 Kebutuhan Lajur.....	14
Tabel 2.9 Hubungan Kecepatan Rencana dengan Jari-jari minimum	16
Tabel 2.10 Panjang lengkung peralihan	17
Tabel 2.11 Hubungan Kecepatan Rencana dengan Jari-jari minimum	18
Tabel 2. 12 Hubungan V rencana dengan Jarak Pandang Mendahului.....	24
Tabel 2. 13 Hubungan V rencana dengan Jarak Pandang Henti	25
Tabel 2.14 Panjang Lengkung Vertikal.....	28
Tabel 2.15 Koefisien Distribusi (C)	36
Tabel 2.16 Faktor Keamanan Beban	39
Tabel 2. 17 Tabel Nilai Koefisien Gesek	40

Tabel 2.18 Diameter ruji	44
Tabel 2.19 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan	45
Tabel 2.20 Kemiringan saluran memanjang (i_s) berdasarkan jenis material	46
Tabel 2. 21 Nilai (K) Sesuai Lama Pengamatan	47
Tabel 2. 22 Tabel Periode Ulang	48
Tabel 2. 23 Nilai Y_n	49
Tabel 2. 24 Nilai S_n	49
Tabel 2. 25 Nilai Koefisien Pengaliran	52
Tabel 4.1 Karakteristik Jalan	66
Tabel 4.2 Volume LHR dari Tahun 2012-2014	67
Tabel 4.3 Nilai CBR untuk ruas jalan KM SBY 260+700-264+100	68
Tabel 4.4 Data Curah Hujan Tahun 2005-2014	68
Tabel 4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor	72
Tabel 4.6 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi	74
Tabel 4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas Opelet, Pick up-opelet, Suburban, Combi, Minibus	76
Tabel 4.8 Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up	78
Tabel 4.9 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil	80
Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar	82
Tabel 4.11 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As Sumbu Kecil	84
Tabel 4.12 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As sumbu Besar	86

Tabel 4.13 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 Sumbu	88
Tabel 4.14 Pertumbuhan lalu lintas truk gandengan	90
Tabel 4, 15 Pertumbuhan lalu lintas truk semi trailer	92
Tabel 4.16 Rekapitulasi Pertumbuhan Lalu Lintas Tiap Kendaraan.....	94
Tabel 4. 17 Menentukan Standar Deviasi dari Data Curah Hujan	95
Tabel 4.18 Nilai Y_n	96
Tabel 4.19 Nilai Y_t	96
Tabel 4.20 Nilai S_n	97
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perhitungan ΔH	101
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Sudut (Δ) Alinyemen Horizontal	104
Tabel 5.3 Tipe Alinyemrn Berdasarkan Alinyemen vertikal	106
Tabel 5.4 Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 2/2 UD.	107
Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)	107
Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah	108
Tabel 5.7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping FCsf.....	109
Tabel 5.8 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Jalan Eksisting 2/2 UD Tahun 2017	110
Tabel 5.9 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Eksisting 2/2 UD Tahun 2037	111
Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan DS	112
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Horional	120

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Perhitungan Vertikal	131
Tabel 5.13 Pertumbuhan rata-rata kendaraan.....	134
Tabel 5.14 Data Muatan dan Pengelompokan Kendaraan Niaga	135
Tabel 5.15 Pembagian Sumbu . As (berdasarkan pengukuran beban)	135
Tabel 5.16 Data Lalu Lintas Rencana Tahun 2017	140
Tabel 5. 17 Perhitngan Jumlah Sumbu Kendaraan	141
Tabel 5.18 Jumlah Lajur Berdasar Lebar Perkerasan	144
Tabel 5.19 Faktor Keamanan Beban	145
Tabel 5.20 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana	146
Tabel 5. 21 Nilai CBR Lapangan	148
Tabel 5. 22 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Tebal 20 cm	152
Tabel 5.23 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Tebal 20,5 cm	165
Tabel 5. 24 Hubungan antara Tebal Pelat Beton dengan Diameter Ruji	182
Tabel 5. 25 Rekapitulasi Perhitungan Drainase Jalan	198
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong.....	203
Tabel 6. 1 Nilai Uji Slump untuk Pekerjaan Beton.....	218
Tabel 6. 2 Nilai Kuat Tekan Minimum Beton	218
Tabel 6. 3 Kuat Tekan Untuk Pembukaan Lalu- Lintas.....	221
Tabel 7. 1 Rekapitulasi Perhitungan Volume Galian tanah.....	227
Tabel 7. 2 Rekapitulasi Perhitungan Volume Urugan Tanah	229
Tabel 7. 3 Rekapitulasi Perhitungan Galian Drainase.....	234

Tabel 7. 4 Rekapitulasi Perhitungan Volume Pasangan Batu Kali	237
Tabel 7. 5 Harga Satuan Pekerja	239
Tabel 7. 6 Harga Satuan Alat Berat	239
Tabel 7. 7 Harga Satuan Bahan dan Material	240
Tabel 7. 8 HSPK Pekerjaan Galian Tanah dengan Alat Berat	240
Tabel 7. 9 HSPK Pekerjaan Urugan Tanah dengan Pemadatan	241
Tabel 7. 10 HSPK Pekerjaan Beton K-175 (<i>Lean Cconcrete</i>)	242
Tabel 7. 11 HSPK Pekerjaan Pengurugan SIRTU	243
Tabel 7. 12 HSPK Pekerjaan Beton K-400 (Perkerasan Beton)	243
Tabel 7. 13 HSPK Pekerjaan Pembesian (Polos)	244
Tabel 7. 14 HSPK Pekerjaan Pembesian (Ulir)	245
Tabel 7. 15 HSPK Pekerjaan Bekisting	245
Tabel 7. 16 HSPK Pekerjaan Galian Drainase	246
Tabel 7. 17 HSPK Pekerjaan Pasangan Batu Kali	247
Tabel 7. 18 HSPK Pekerjaan Minor	247
Tabel 7. 19 Rekapitulasi Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	249



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor	73
Grafik 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi.....	75
Grafik 4.3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Opelet, Pick up-opelet, Suburban, Combi, Minibus.....	77
Grafik 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up	79
Grafik 4.5 Grafik pertumbuhan lalu lintas bus kecil	81
Grafik 4.6 Grafik pertumbuhan lalu lintas bus besar	83
Grafik 4.7 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu kecil	85
Grafik 4.8 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu besar	87
Grafik 4.9 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 3 sumbu	89
Grafik 4.10 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk gandengan	91
Grafik 4.11 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk semi trailer	93
Grafik 5. 1 Nilai CBR Lapangan.....	149
Grafik 5. 2 Menentukan tebal pondasi minimum dari nilai repetisi sumbu	149
Grafik 5. 3 Nilai CBR efektif untuk menentukan tebal pondasi bawah.....	150



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Umum

Sesuai dengan kemajuan dalam bidang transportasi maka perlu ditunjang dengan adanya penyediaan fasilitas prasarana terutama di sector perhubungan, karena semakin tinggi tingkat aktifitas manusia semakin tinggi pula keinginan manusia untuk sampai pada tujuan dengan cepat, aman dan nyaman. Oleh karena setiap prasarana perhubungan darat yang memiliki LHR tinggi perlu ditingkatkan pelayanan melalui pelebaran jalan, jembatan maupun pembuatan jalan baru.

Pada saat ini, transportasi sangat memegang peranan penting dalam pembangunan dan pengembangan daerah disegala bidang. Perkembangan dibidang transportasi, nampak tingkat layanan jalan semakin berkurang, hal tersebut terjadi dikarenakan jumlah jalan yang tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang semakin meningkat, sehingga kenyamanan dan keamanan pengguna jalan juga berkurang, angka kecelakaan yang tinggi, sering terjadi kemacetan dan kondisi yang sudah tidak memadai. Untuk itu pembangunan dan peningkatan jalan diperlukan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut.

1.2 Latar Belakang

Ruas jalan Pacitan – Ponorogo merupakan salah satu jalan propinsi Jawa Timur yang termasuk dalam jalan lintas kabupaten yang menghubungkan Kabupaten Pacitan dan Kabupaten Ponorogo.

Jalur tersebut merupakan akses jalan satu-satunya dari Ponorogo menuju Pacitan yang dilalui banyak kendaraan mulai dari kendaraan kecil hingga kendaraan berat yang mengangkut muatan melebihi kapasitas, sehingga hal tersebut menyebabkan kerusakan jalan mulai dari kerusakan kecil seperti retak rambut (*hair crack*) hingga kerusakan berat seperti adanya lubang yang berada di ruas jalan tersebut. Selain itu Potensi wisata yang berada di kota Pacitan yang nantinya dapat menimbulkan peningkatan volume kendaraan yang juga dapat mengakibatkan kerusakan yang sudah disebutkan sebelumnya.

Hal tersebut menyebabkan kenyamanan pengguna jalan berkurang dan berpotensi menyebabkan kecelakaan. Sehingga dapat dikatakan bahwa perbaikan atau peningkatan jalan tersebut perlu diperhatikan oleh pemerintah setempat. Perbaikan jalan tersebut diperlukan untuk menanggulangi permasalahan-permasalahan tersebut agar para pengguna jalan merasa aman saat menggunakan jalan tersebut.

Sesuai dengan latar belakang tersebut penulis mencoba untuk meninjau dan merencanakan kembali peningkatan jalan tersebut dengan mengambil topik Proyek Akhir **“PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN PACITAN-BTS. KABUPATEN PONOROGO KM SBY 260+700 – KM SBY 264+100 DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU DI KAB. PACITAN, JAWA TIMUR”**. Alasan lain mengapa penulis menggunakan perkerasan kaku adalah karena perkerasan kaku memiliki total keseluruhan biaya yang lebih murah dibanding perkerasan lentur (termasuk biaya perawatan)

selama umur rencana, sehingga hal tersebut menjadi nilai tambah untuk menghemat biaya yang diperlukan.

1.3 Rumusan Masalah

Dengan berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka penulis ingin meninjau segi teknis dengan merencanakan hal-hal sebagai berikut :

1. Berapa kebutuhan pelebaran yang diperlukan segmen jalan tersebut untuk umur rencana (UR) jalan 20 tahun mendatang ?
2. Berapa ketebalan perkerasan baru yang diperlukan untuk umur rencana (UR) 20 tahun mendatang ?
3. Berapa dimensi saluran tepi (*drainase*) yang diperlukan pada umur rencana yang ditentukan?
4. Berapa anggaran biaya total yang diperlukan untuk melaksanakan pembangunan jalan pada segmen jalan yang direncanakan ?
5. Bagaimana metode pelaksanaan untuk peningkatan jalan dengan perkerasan kaku?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kontrol geometric jalan, baik alinyemen horizontal maupun alinyemen vertical.
2. Tidak melakukan perencanaan desain bangunan pelengkap (jembatan, gorong-gorong).
3. Membahas metode pelaksanaan di lapangan secara umum.
4. Tidak membahas masalah pembebasan lahan.

1.5 Tujuan

Berdasarkan pada perumusan masalah, maka diambil tujuan dari penulisan proyek akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui kebutuhan pelebaran perkerasan jalan untuk umur rencana 20 tahun.
2. Mengetahui tebal perkerasan pada konstruksi pelebaran untuk umur rencana 20 tahun mendatang.
3. Mengetahui dimensi untuk saluran tepi
4. Mengetahui anggaran biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek jalan tersebut.
5. Mengetahui metode pelaksanaan peningkatan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku.

1.6 Manfaat

Manfaat dari sisi penulis proyek akhir peningkatan jalan ini sendiri adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan perencanaan struktur perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), dengan kualitas jalan yang tahan lama selama umur rencana.
2. Untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan pada segmen jalan tersebut.
3. Perencanaan peningkatan jalan dan dimensi saluran tepi, dengan mengaplikasikan teori yang dipelajari selama ini
4. Dapat merencanakan dan menghitung rencana anggaran biaya atau RAB dari proyek diatas.

1.7 Lokasi Proyek



Lokasi Proyek KM Sby. 260+700 – KM
Sby. 264+100

Gambar 1. 1 Lokasi Proyek



Gambar 1. 3 Lokasi KM Sby. 260+700



Gambar 1. 2 KM Sby. 264+100

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam suatu perencanaan peningkatan jalan dibutuhkan analisis – analisis sebagai dasar acuan perhitungan dalam proses proses pengolahan data. Hal hal yang perlu dihitung dalam perencanaan peningkatan jalan adalah :

- Analisis kapasitas jalan
- Kontrol geometrik jalan
- Penentuan tebal perkerasan kaku (rigid pavement)
- Penentuan saluran tepi
- Perhitungan RAB

2.2 Analisa kapasitas

Analisis kapasitas jalan bertujuan untuk menentukan perlu atau tidaknya pelebaran jalan untuk dapat mempertahankan fungsi kualitas jalan yang diinginkan sampai umur rencana yang akan datang. Untuk kebutuhan pelebaran jalan maka diperlukan langkah langkah analisa kapasitas jalan sebagai berikut:

2.2.1 Kapasitas Dasar

Kapasitas jalan yang ditinjau merupakan jalan luar kota dengan kondisi eksisting 2 lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD).

Tabel 2. 1 Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 2/2 UD

Tipe jalan/tipe alinyemen	kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber: Tabel C-1:2 kapasitas dasar pada jalan luar kota 2-lajur-2-arrah takterbagi (2/2 UD) MKJI 1997 6-65

Penggolongan tipe medan/alinyemen sesuai dengan topografi yang dilewati oleh jalan dapat digolongkan menjadi 3 jenis berdasarkan perbedaan besarnya kemiringan medan dalam arah kira kira tegak lurus dengan as jalan.

Tipe alinyemen adalah gambaran daerah yang dilalui oleh jalan dan ditentukan oleh naik turun lengkung vertikal dan lengkung horizontal. Untuk menentukan alinyeme vertikal dan horizontal pada jalan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Alinyemen vertikal} = \frac{\Delta H}{\Sigma \text{panjang jalan}} \text{ (satuan m atau km)..... (Pers. 2.1)}$$

$$\text{Alinyemen Horizontal} = \frac{\frac{\Sigma \Delta}{550} \times 2\pi \text{ rad}}{\Sigma \text{panjang jalan}} \text{ (satuan rad atau km).....(Pers 2.2)}$$

Pengelompokan medan kemiringan dapat dilihat pada table 2.2

Tabel 2. 2 Pembagian Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Naik + Turun m/km	Lengkung horizontal rad/km
Alinyemen Datar	<10	<1
Alinyemen Bukit	10-30	1-2.5
Alinyemen Gunung	>30	>2.5

Sumber: MKJI tahun 1997 (Jalan Luar Kota), hal 6-23

2.2.2 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FCw)

Menetapkan faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas berdasar pada lebar efektif jalur lalu lintas (F_{cw}). Dimana lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas tidak termasuk bahu jalan, dapat dilihat pada tabel C-2:1 MKJI 1997 halaman 6-66.

Tabel 2.3 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (F_{cw})

Tipe jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W _c)	F _{cw}
Empat-lajur tak terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1
	3,75	1,03
	4	1,08
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1
	3,75	1,03

	4	1,09
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber: Tabel C-2:1 MKJI 1997, hal 6-66

2.2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah (FCsp)

Pemisah arah adalah pembagian arah arus jalan dua arah dinyatakan presentase dari arah arus total masing masing arah. Menentukan faktor kapasitas pemisah arah berdasarkan pada tabel C-3:1 MKJI hal 6-67.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah

Pemisahan arah sp %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua-lajur 2/2	1	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber: Tabel C-2:1 MKJI 1997, hal 6-67

2.2.4 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCSF)

Hambatan samping adalah pengaruh kondisi kegiatan disamping ruas jalan yang memberi dampak pada arus lalu lintas, misalnya pejalan kaki, pemberhentian kendaraan

umum dan lain lain. Penentuan FC_{sf} berdasarkan tabel C-4 : 1 MKJI hal 6-68

Tabel 2.5 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Frekuensi berbobot dan kejadian (kedua sisi)	Kondisi Khas
Sangat Rendah	VL	<50	Pedalaman: Pertanian atau tidak berkembang, tanpa kegiatan
Rendah	L	50-149	Pedesaan: Beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	150-249	Kampung: Kegiatan pemukiman
Tinggi	H	250-350	Kampung: Kegiatan pasar
Sangat Tinggi	VH	350	Hampir perkotaan: banyak pasar / kendaraan niaga

Sumber: Tabel C-4:1 MKJI 1997 hal 6-68

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian akibat Hambatan Samping (FC_{sf})

Tipe jalan	Kelas Hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif w_5			
		<0,5	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2UD 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,95

Sumber: Tabel C-4:1 MKJI 1997 hal 6-68

2.2.5 Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi tertentu. Rumus yang digunakan :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots\dots\dots (Pers. 2.3)$$

- C : kapasitas
 C_o : kapasitas dasar
 FC_w : faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas
 FC_{sp} : Faktor penyesuaian akibat pemisah arah
 FC_{sf} : Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

2.2.7 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah ratio arus terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan ini menentukan apakah segmen tersebut layak digunakan atau tidak. Derajat kejenuhan dapat dari pembagian arus lalu lintas dengan kapasitas kendaraan yang ada. derajat kejenuhan ini diberi batasan = 0,75 dan bila melebihi 0,75 maka jalan dianggap jalan tersebut sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas. Rumus yang digunakan :

$$DS = (Q/C) < 0,75 \dots\dots\dots (Pers. 2.4.1)$$

(sumber : MKJI 1997 untuk jalan luar kota)

Dimana :

DS: derajat kejenuhan

C : Kapasitas (smp/jam)

Q : arus total lalu lintas (smp/jam)

Untuk nilai Q berupa jumlah kendaraan per tahun maka nilai Q dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q = \text{LHRT} \times k \times \text{emp} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.4.2})$$

Dimana :

LHRT = Jumlah lalu-lintas kendaraan per tahun

k = Faktor pengubah dari LHRT menjadi lalu lintas jam puncak (0.11)

emp = Faktor pengubah dari kend./jam menjadi smp/jam

untuk nilai dari emp sendiri dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 7 Nilai emp untuk Tiap Jenis Kendaraan Berdasarkan Tipe Alinyemen

Tipe alinyemen	Arus total (kend./jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu-lintas(m)		
					< 6m	6 - 8m	> 8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : Tabel A-3:1 MKJI 1997 Jalan Luar Kota hal 6-44

2.3 Kontrol Geometrik

Dalam perencanaan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal pada lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

Kenyamanan dan keamanan pengendara sangat tergantung dari kondisi eksisting geometrik jalan sehingga perencanaan geometrik harus dibuat dengan sebaik mungkin. Perencanaan geometrik meliputi :

2.3.1 Kebutuhan Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tidak boleh lebih lebar dari lebar lajur pada pendekatan untuk tipe dan kelas jalan yang relevan. Lebar jalu yang ideal adalah :

Tabel 2.8 Kebutuhan Lajur

Fungsi	Kelas	Lebar lajur ideal
Arteri	I	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3
Lokal	IIIC	3

Sumber : TPGJAK 1997

2.3.2 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah suatu proyeksi sumbu tegak lurus bidang horizontal yang terdiri dari susunan garis lurus dan garis lengkung. Alinyemen horizontal itu sendiri terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung atau biasa disebut dengan tikungan yang berfungsi untuk mengimbangi gayasentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang melaju dengan kecepatan tertentu (VR). Gaya sentrifugal ini dapat mendorong kendaraan secara radial ke arah luar lengkung. Gaya ini

arahnya tegak lurus terhadap arah laju kendaraan yang mengakibatkan rasa tidak nyaman bagi para pengemudi.

Hal hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tikungan pada alinyemen horisontal adalah sebagai berikut :

- **Superelevasi (e)**

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan (Sukirman, 1994), seperti :

- Keadaan cuaca, seperti turun hujan dan berkabut;
- Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan atau berkabut, superelevasi maksimumnya lebih rendah daripada jalan yang berada di daerah yang selalu bercuaca baik;
- Keadaan medan, seperti datar, berbukit-bukit atau pegunungan. Di daerah datar, superelevasi maksimumnya lebih tinggi daripada di daerah berbukit-bukit dan pegunungan.

Dalam hal ini, batasan superelevasi maksimum yang dipilih lebih ditentukan pada tingkat kesukaran dalam pelaksanaan pembuatan jalan.

- **Jari-Jari Tikungan**

Tikungan jalan terdiri dari lingkaran dan lengkung peralihan. Penentuan ukuran bagian-bagian tikungan

didasarkan pada keseimbangan gaya yang bekerja pada kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Di dalam perancangan geometrik jalan, ketajaman lengkung horizontal dapat dinyatakan dalam jari-jari minimum (R_{\min}) lengkung pada alinyemen horizontal dapat dicari dengan rumus:

$$R_{\min} = \frac{(V_R)^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(Pers. 2.5)$$

Keterangan:

R_{\min} = jari-jari tikungan minimum (m)

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_{\max} = superelevasi maksimum

f_{\max} = koefisien gesek maksimum untuk perkerasan aspal ($f_{\max} = 0,24$)

untuk $V_R < 80$ km/jam $f_m = -0.00065 \cdot V_R + 0,192$

untuk $V_R > 80$ km/jam $f_m = -0.00125 \cdot V_R + 0,24$

Panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel berikut ini :

Tabel 2.9 Hubungan Kecepatan Rencana dengan Jari-jari minimum

Kecepatan Rencana (V_R) (km/jam)	Jari-Jari Minimum R_{\min} (m)
120	600
100	350
80	210
60	110
50	80
40	50

30	30
20	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1997a

Besarnya jari-jari yang digunakan untuk merencanakan (R_c) harus lebih besar atau minimal sama dengan jari-jari minimum ($R_c \geq R_{\min}$).

- **Lengkung Peralihan**

Lengkung peralihan adaah lengkung transisi pada alinyemen horizontal dan sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada lengkung peralihan, perubahan kecepatan dapat terjadi secara berangsur-angsur serta memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan (perubahan kemiringan melintang secara berangsur-angsur). Panjang lengkung peralihan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2.10 Panjang lengkung peralihan

V _R km/jam	Superelevasi, e %									
	2		4		6		8		10	
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120

90	30	60	40	70	50	80	70	100	100	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	110	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	-	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	-	-

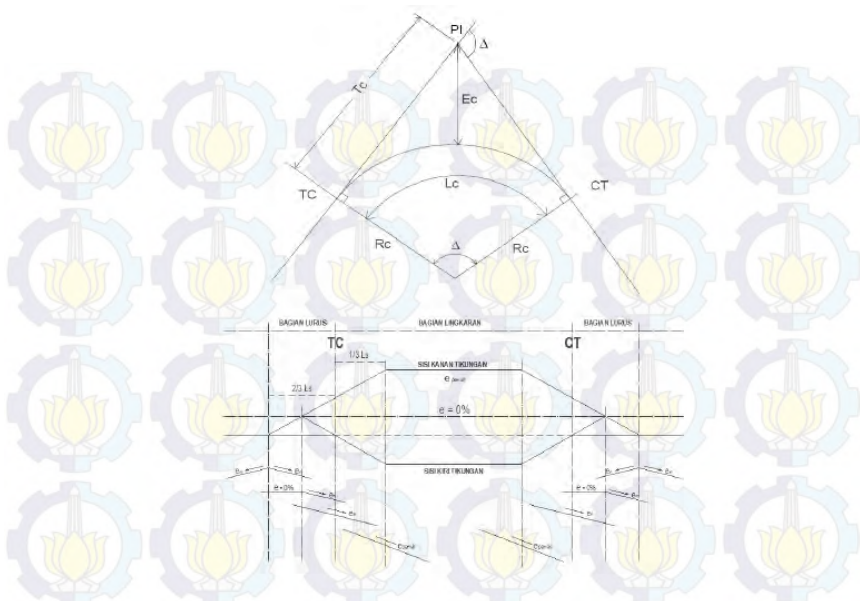
Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997a*

a) Lengkung Full circle

Full circle yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari seragam. Tipe lengkung ini tidak memerlukan lengkung peralihan dan pada umumnya dipakai pada daerah dataran dan mempunyai jari-jari yang besar. Besarnya jari jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.11 Hubungan Kecepatan Rencana dengan Jari-jari minimum

Kecepatan rencana (km/jam)	Jari-jari minimum (m)
120	>2500
100	>1500
80	>900
60	>500
40	>250
30	>130



Gambar 2.1 Gambar Lengkung Full Circle

Dimana :

$$Tc = Rc \cdot \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) \dots \dots \dots (Pers. 2.6.1)$$

$$Ec = Tc \times Tg 0,25\Delta \dots \dots \dots (Pers. 2.6.2)$$

$$Lc = \left(\frac{\Delta\pi}{180}\right) \times Rc \dots \dots \dots (Pers. 2.6.3)$$

Keterangan :

Δ = sudut tangent

Rc = jari jari lingkaran (m)

Ec = jarak titik sudut dengan busur lingkaran (m)

Lc = panjang bagian lengkung (m)

PI = perpotongan kedua garis tangen

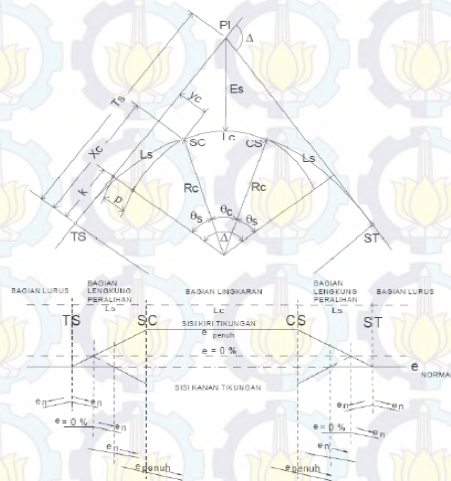
Tc = tangen circle, titik peralihan dari lurus ke bentuk circle

CT = Circle tangen titik peralihan dari bentuk circle ke lurus

b) Lengkung spiral circle spiral (S-C-S)

Pada lengkung S-CS ini terdapat Lengkung peralihan (L_s) yaitu lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R . Bentuk lengkung ini dipakai apabila jari jari lebih kecil dari batas yang ditentukan oleh full circle, selain itu jari jari yang diambil harus sesuai dengan kecepatan rencana.

Rumus dan gambar yang digunakan dalam perencanaan Lengkung spiral circle spiral adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Lengkung Spiral-Circle-Spiral

Dimana :

$$\theta_s = \frac{L_s \times 90}{\pi \times Rc} \dots \dots \dots (Pers. 2.7.1)$$

$$\theta_c = \beta - 2\theta_s \dots \dots \dots (Pers. 2.7.2)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots \dots \dots (Pers. 2.7.3)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6.Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (Pers. 2.7.4)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^2}{40.Rc} - Rc \sin \theta_s \dots \dots \dots (Pers. 2.7.5)$$

$$E_s = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \dots \dots \dots (Pers. 2.7.6)$$

$$T_s = (Rc + P) \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots \dots \dots (Pers. 2.7.8)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40.Rc^2} \right) \dots \dots \dots (Pers. 2.7.9)$$

$$Y_s = \left(\frac{L_s^2}{6.Rc} \right) \dots \dots \dots (Pers. 2.7.10)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2\theta_s}{180} \times \pi Rc \dots \dots \dots (Pers. 2.7.11)$$

Keterangan

X_s = jarak titik T_s dengan S_c

Y_s = jarak tegak lurus ke titik S_c pada lengkung

S = Panjang lengkung peralihan (TS-SC/CS-ST)

L_c = panjang busur lingkaran (SC-CS)

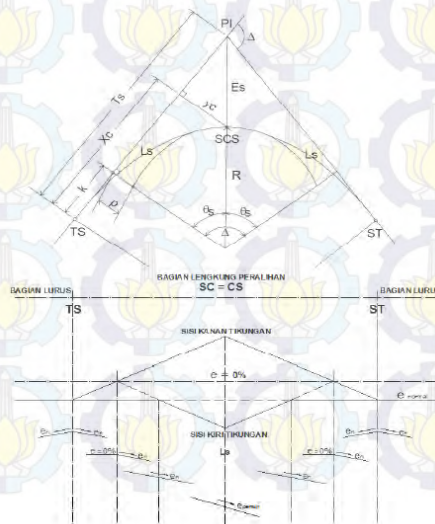
T_s = panjang tangent titik PI ke TS

- θ_s = sudut lengkung spiral
 P = pergeseran tangent ke spiral
 K = absis dan P pada garis tangen spiral

c) Lengkung Spiral-Spiral

Pada tikungan jenis ini dari arah tangen ke arah circle memiliki spiral yang merupakan transisi dari bagian lurus ke bagian circle. Adanya lengkung spiral merupakan lengkung transisi pada alinyemen horisontal yang berfungsi sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada bagian ini terjadi gaya sentrifugal dari nol sampai dengan maksimum sewaktu kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung.

Berikut ini dijadikan gambaran lengkung spiral-spiral dalam gambar dibawah ini:



Gambar 2.3 Lengkung Spiral-Spiral

Keterangan :

PI = point of intersection, titik perpotongan garis tangent utama

Ts = jarak antara PI dan ST atau TS (m)

Ls = panjang bagian lengkung spiral (m)

Es = Jarak PI ke lengkung spiral (m)

Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama

Θ_s = Sudut spiral

Ts = tangent spiral, titik awal spiral (dari tangent ke spiral)

ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent

Rc = jari jari circle (m)

Xc = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangent (m)

Rumus-rumus yang digunakan :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (Pers. 2.8.1)$$

$$L_s = \frac{2\pi}{360} \times 2 \cdot \theta_s \cdot R \dots \dots \dots (Pers. 2.8.2)$$

$$K = L_s - L_s \sin \theta_s \dots \dots \dots (Pers. 2.8.3)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (Pers. 2.8.4)$$

$$T_s = (+P) \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots \dots \dots (Pers. 2.8.5)$$

$$E_s = (+P) \sec \left(\frac{1}{2} \Delta \right) - R \dots \dots \dots (Pers. 2.8.6)$$

2.3.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), landai negatif (turunan) dan landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.3.3.1 Alinyemen Vertikal cembung

Syarat keamanan yang dapat dipenuhi oleh panjang minimum lengkung vertikal cembung adalah yang sedemikian sehingga lengkung yang bersangkutan dapat menyediakan jarak pandangan sesuai dengan syarat yang ditentukan, baik untuk siang maupun malam hari. Panjang lengkung dapat diketahui dengan menggunakan persyaratan jarak pandang henti (J_h) atau jarak pandang mendahului (J_d).

Jarak Pandang Mendahului

Panjang L , berdasarkan J_d

$$J_d (S) < L, \text{ maka : } L = \frac{A J_d^2}{840} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.9.1})$$

$$J_d (S) > L, \text{ maka : } L = 2J_d - \frac{840}{A} \dots\dots (\text{Pers. 2.9.2})$$

Panjang J_d dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 12 Hubungan V rencana dengan Jarak Pandang Mendahului

vV_r	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber : TPGJAK Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

Jarak Pandang Henti

Panjang L, berdasarkan Jh

$$Jh (S) < L, \text{ maka : } L = \frac{A \cdot Jd^2}{399} \dots\dots\dots(Pers. 2.9.3)$$

$$Jh (S) > L, \text{ maka : } L = 2Jd - \frac{399}{A} \dots(Pers. 2.9.4)$$

Panjang Jh dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 13 Hubungan V rencana dengan Jarak Pandang Henti

V renc.	100	80	60	50	40	30	20
Jh (m)	165	120	75	55	40	27	16

Sumber : TPGJAK Tata Cara Perencanaan Geomterik Jalan Antar Kota

2.3.3.2 Alinyemen Vertikal Cekung

Pada alinyemen vertikal cekung untuk menentukan panjang Lengkung digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\text{➤ } S > L \\ L &= (2 \times S) - \frac{150 + (3.5 + S)}{A} \dots\dots\dots(Pers. 2.10.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{➤ } S < L \\ L &= \frac{As^2}{150 + (3.5 + S)} \dots\dots\dots(Pers. 2.10.2) \end{aligned}$$

Dimana nilai S disesuaikan dengan meninjau panjang Lengkung dengan menggunakan jarak pandang henti (Jh) atau jarak pandang mendahului (Jd).

2.3.3.3 Kontrol Alinyemen Vertikal

Selain meninjau panjang lengkung vertikal dari jarak pandang henti dan jarak pandang menyiap, PAnjang lengkung juga harus ditinjau dalam aspek-aspek lainnya. Berikut ini adalah aspek-aspek peninjau panjang lengkung (L) :

Berdasarkan kenyamanan pengemudi

Adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung, menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi, yang akan menyebabkan percepatan sentripetal. Percepatan sentripetal yang bersangkutan adalah :

$$a = \frac{A \times V^2}{1300 L}$$

dimana :

a = percepatan sentripetal (m/det)

v = percepatan rencana, km/jam

A = perbedaan aljabar landai

L = panjang lengkung vertikal cekung

Panjang lengkung vertikal cekung minimum adalah ditentukan oleh percepatan sentripetal, yang dibatasi tidak melebihi 0,30 m/det², dengan demikian, rumus diatas menjadi :

$$L = \frac{A \times V^2}{389} \dots\dots\dots(Pers. 2.11)$$

Berdasarkan keluwesan bentuk

Keluweasan bentuk jalan, dihubungkan terhadap kecepatan, yaitu menurut AASHTO : $L = 3 V$, dimana L = panjang minimum lengkung dalam feet, dan V = kecepatan rencana, dalam mph. sehingga bila L dalam meter, dan V dalam km/jam, didapatkan :

$$L = 0,6 V \dots\dots\dots(Pers. 2.12)$$

Berdasarkan persyaratan drainase

Landai minimum untuk keperluan drainase adalah 0,5%. Pada lengkung vertikal cembung, dimana ada bagian yang hampir datar, pada puncak lengkung diperlukan pengkajian khusus untuk hal ini. Untuk jalan-jalan yang tidak menggunakan kerb, bagian yang mendatar tersebut tidak terlalu memberikan masalah karena fungsi lereng jalan sudah menjamin kelancaran drainase. Untuk jalan-jalan yang menggunakan kerb dengan diberikan kelandaian 0,5 % pada jarak 20 meter dari puncak lereng sudah cukup memadai. Jadi, syarat panjang maksimum adalah :

$$L_v = 40 A \dots\dots\dots(Pers. 2.13)$$

d) Panjang lengkung vertikal

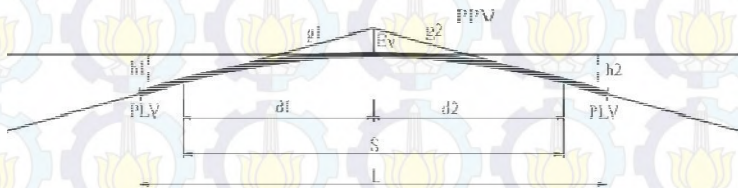
Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai Tabel 2.14, yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan dan jarak pandang.

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Vertikal

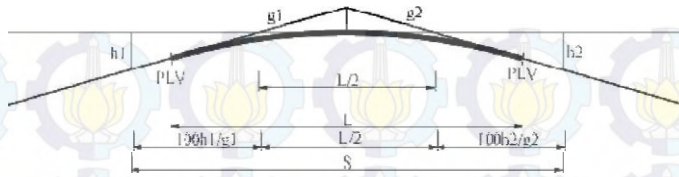
Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelaandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
120	1	20-30
100	0,6	40-80
80	0,4	80-150

Sumber : TPGJAK Tata Cara Perencanaan Geomterik Jalan Antar Kota

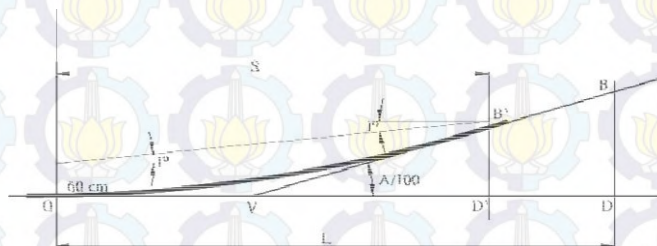
Apabila panjang lengkung vertikal yang dihitung lebih kecil dari panjang minimum lengkung vertikal pada Tabel 2.14, maka panjang lengkung vertikal yang digunakan adalah panjang lengkung vertikal yang bersesuaian dari Tabel 2.14. Berikut disajikan gambaran dari lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung pada Gambar 2.4 ,Gambar 2.5, Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



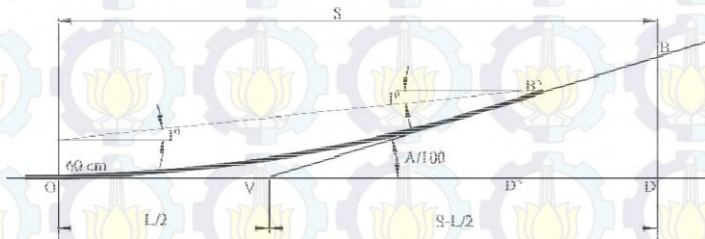
Gambar 2.4Lengkung Vertikal Cembung
dengan $S \leq L$



Gambar 2.5 Lengkung Vertikal Cembung dengan S



Gambar 2.6 Lengkung Vertikal Cekung dengan $S < L$



Gambar 2.7 Lengkung Vertikal Cekung dengan $S > L$

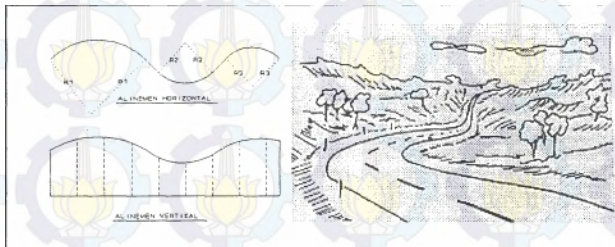
2.3.4 Koordinasi alinyemen

- Alinemen vertikal, alinemen horizontal, dan potongan melintang jalan adalah elemen-elemen jalan sebagai keluaran perencanaan harus dikoordinasikan sedemikian sehingga menghasilkan suatu bentuk jalan yang baik dalam arti memudahkan pengemudi mengemudi kendaraannya dengan aman dan nyaman. Bentuk kesatuan ketiga elemen jalan tersebut diharapkan dapat memberikan kesan atau petunjuk kepada pengemudi

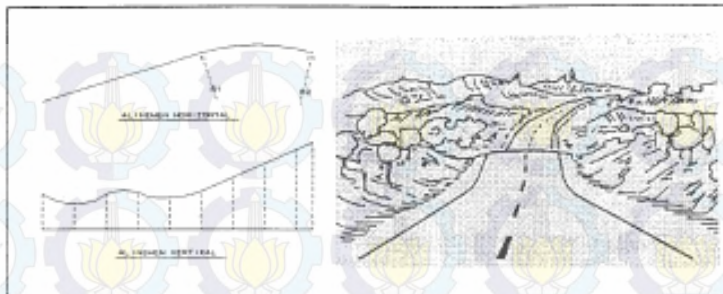
akan bentuk jalan yang akan dilalui di depannya sehingga pengemudi dapat melakukan antisipasi lebih awal.

- Koordinasi alinemen vertikal dan alinemen horizontal harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - (a) alinemen horizontal sebaiknya berimpit dengan alinemen vertikal, dan secara ideal alinemen horizontal lebih panjang sedikit melingkupi alinemen vertikal;
 - (b) tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung harus dihindarkan;
 - (c) lengkung vertikal cekung pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan
 - (d) dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horizontal harus dihindarkan; dan
 - (e) tikungan yang tajam diantara 2 bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

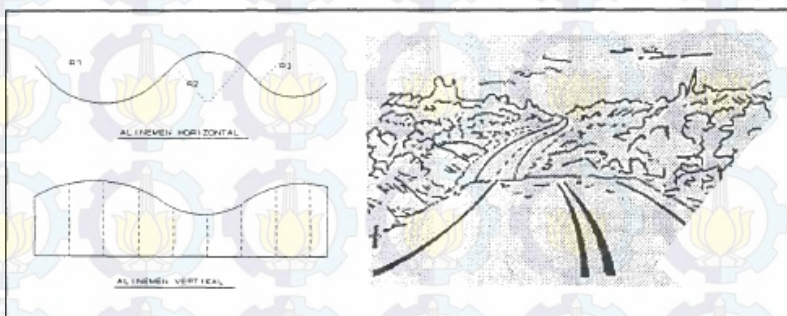
Sebagai ilustrasi menampilkan contoh-contoh koordinasi alinyemen ideal dan yang harus dihindarkan.



Gambar 2.8 Koordinasi yang ideal antara alinemen horizontal dan alinemen vertikal yang berimpit



Gambar 2.9 Koordinasi yang harus dihindarkan, dimana alinemen vertikal menghalangi pandangan pengemudi pada saat mulai memasuki tikungan pertama



Gambar 2.10 Koordinasi yang harus dihindarkan, di mana pada bagian yang lurus pandangan pengemudi terhalang oleh puncak alinemen vertikal sehingga pengemudi sulit memperkirakan arah alinemen di balik puncak tersebut

2.4 Perencanaan Perkerasan Kaku

Rigid pavement atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (asphalt). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (fly over), jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal.

2.4.1 Struktur dan jenis perkerasan beton semen

Perkerasan beton semen memiliki tiga jenis, yaitu :

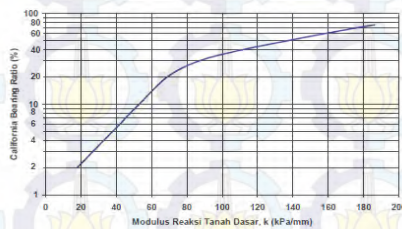
1. Beton bersambung tanpa tulangan (BBTT)
2. Beton bersambung dengan tulangan (BBDT)
3. Beton menerus tanpa tulangan (BMDT).

Jenis perkerasan kaku yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT). Perkerasan tersebut digunakan sebagai lapis tambah (*Overlay*).

2.4.2 Pelapisan Tambahan Perkerasan Beton Semen diatas Perkerasan Lentur

Tebal lapis tambahan perkerasan beton di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru yang telah diuraikan sebelumnya. Modulus reaksi perkerasan lama (k)

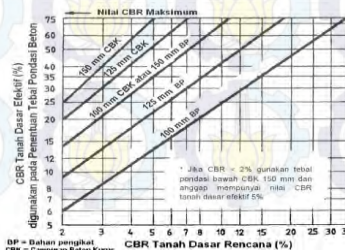
diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan yang lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut gambar. Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm^3), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm^3) dengan nilai CBR 50 %.



Gambar 2.11 Hubungan CBR dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar

2.4.2 Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR di lapangan dan di laboratorium. Nilai CBR minimum untuk perencanaan perkerasan kaku adalah 2%. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka untuk pondasi bawahnya harus di pasang pondasi yang terbuat dari beton kurus (*Lean Mix Concrete*) setebal 15cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.



Gambar 2.12 Grafik Menentukan Nilai CBR Tanah Dasar Rencana

2.4.3 Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan meperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi prilaku tanah ekspansif. Dalam proposal tugas akhir ini digunakan pondasi bawah dengan material berbutir. Pondasi bawah dari material berbutir dengan CBR 5% ditetapkan sebesar 15 cm.



Gambar 2.13 Grafik Menentukan Tebal Perkerasan

Sumber : Pd-T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan beton Semen

2.4.4 Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²).

Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat

karbo, harus mencapai kuat tarik lentur 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$f_{cf} = K(fc')^{0,50} \text{ dalam MPa atau}$$

$$f_{cf} = 3,13 K (fc')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

f_c = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

2.4.5 Perencanaan tebal perkerasan

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu,

menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

2.4.5.1 Lajur Rencana dan koefisien distribusi (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar.

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel.

Tabel 2.15 Koefisien Distribusi (C)

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_i)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50

$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

Sumber : Pd T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen

2.4.5.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola laulintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencanna (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.4.5.5 Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus seperti berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots(Pers. 2.14)$$

Dimana pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR : Umur rencana (tahun)

2.4.5.6 Lalu-lintas rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada jalur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(Pers. 2.15)$$

Dengan pengertian :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH : Jumlah total sumbu niaga per hari pada saat jalan dibuka

R : Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana

C : Koefisien distribusi kendaraan

2.4.5.7 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor

keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya sebagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel berikut

Tabel 2.16 Faktor Keamanan Beban

No.	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber : Pd T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen

2.4.6 Perencanaan Tulangan

Tujuan utama penulangan untuk:

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Luas penulangan pada perkerasan beton bersambung dengan tulangan ini dihitung dengan persamaan:

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots(Pers.2.16)$$

Dimana:

- A_s = Luas tulangan yang diperlukan (mm^2)
 μ = Koefisien gesek antara pelat dan lapis fondasi
 L = Jarak antar sambungan (mm)
 M = Berat per satuan luas volume pelat (kg/m^3)
 g = Gravitasi (m/detik^2)
 h = Tebal pelat beton (m)
 f_s = Kuat tarik jin beton (MPa)

Adapun nilai μ dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 17 Tabel Nilai Koefisien Gesek

NO	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen: Pd-T 14 2003

Untuk panjang pelat ≤ 13 m, luas tulangan yang diambil 0,1% dari luas penampang beton atau 0,14% menurut SNI 1991.

2.4.7.1 Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari

65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.4.8 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas.
- Memudahkan pelaksanaan
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

2.4.8.1 Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m.

Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. ukuran batang pengikat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan } \dots\dots\dots (\text{Pers. 2. 17.1})$$

$$I = (38,3 \times \emptyset) + 75 \dots\dots\dots(Pers. 2. 17.2)$$

Dengan pengertian :

At: luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

b: jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h: tebal pelat (m)

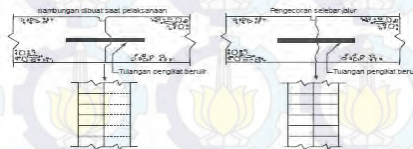
I: panjang batang pengikat (mm)

\emptyset : diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

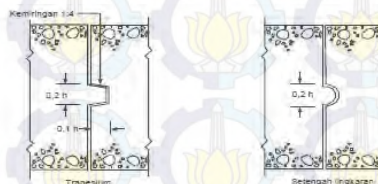
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

2.4.8.2 Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapezium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan gambar berikut :



Gambar 2.14 Tipikal Sambungan memanjang



Gambar 2.15 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

2.4.8.3 Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

2.4.8.4 Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi baban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1:10 searah perputaran jarum jam.

2.4.8.5 Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas

dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada table berikut:

Tabel 2.18 Diameter ruji

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber ; Pd T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen

2.4.8.6 Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.

Sambungan pelaksanaan tersebut harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran

batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

2.5 Perencanaan Drainase

Saluran drainase tepi jalan adalah bagian jalan yang dibuat di tepi jalan dan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan, seperti kerusakan karena air banjir yang melimpas di jalan atau kerusakan pada badan jalan akibat erosi.

Perencanaan sistem drainase jalan didasarkan kepada keberadaan air nya dibagi menjadi dua yaitu :

- Drainase permukaan (Surface draianage)
- Drainase bawah permukaan (Sub surface drainage)

Perencanaann sistem drainase dibuat dengan tujuan untuk mengalirkan air hujan yang turun dipermukaan jalan agar menuju saluran tepi, permukaan pada permukaan jalan dibuat miring, dengan kemiringan untuk perkerasan jalan sebesar 2% dan untuk bahu jalan sebesar 4%. Kemiringan tersebut dibuat berdasarkan perumusan SNI 03-3434-1994 tentang Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, dinyatakan :

Tabel 2.19 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan

No.	Jenis lapisan perkerasan jalan	Kemiringann melintang i (%)
1	Aspal, Beton	2-3
2	Japat (jalan yang dipadatkan)	2-4
3	Kerikil	3-6
4	Tanah	4-6

Sumber : SNI 03-3424-1994 Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan

Sedangkan kemiringan selokan samping ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan selokan samping arah memanjang yang dikaitkan erosi aliran.

Tabel 2.20 Kemiringan saluran memanjang (i_s) berdasarkan jenis material

No.	Jenis Material	Kemiringan saluran (i_s %)
1	Tanah asli	0-5
2	Kerikil	5-7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : SNI 03-3424-1994 Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jala

2.5.1 Analisis Data Hidrologi

Pada perencanaan drainase atau saluran tepi pada jalan terlebih dahulu kita harus dapat melakukan pengolahan data yang akan dijelaskan berikut ini :

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai dalam perencanaan jalan system drainase jalan adalah data curah hujan harian maksimum dalam setahun yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari stasiun curah hujan yang terdekat dengan lokasi system drainase. Jumlah data curah hujan paling sedikit diperkirakan sekitar 10 tahun.

b. Periode Ulang

Karakteristik hujan tertentu menunjukkan periode ulang tertentu pula. Dalam merencanakan drainase periode

ulang rencana untuk selokan samping ditentukan 10 tahun.

$$RT = \text{Xrata} - \text{rata} + K Sx$$

Dimana :

RT = Frekuensi hujan pada periode lang (Tahun)

xrata-rata = Tinggi hujan maksimum komulatif rata-rata

Sx =Standart deviasi

Tabel 2. 21 Nilai (K) Sesuai Lama Pengamatan

T	YT	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0.3665	-0.1355	-0.1434	-0.1478	-0.1506	-0.1526
5	1.4999	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2.2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2.9702	2.6064	2.4078	2.3020	2.2348	2.1881
25	3.1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.4440	2.3933
50	3.9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4.6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6533

Sumber: *Perencanaan Teknik Jalan Raya, Shirley L. Hendarsin hal 270*

c. Waktu Curah Hujan

Lamanya waktu curah hujan ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan Van Breen bahwa hujan harian yang terkonsentrasi selama 4jam dengan jumlah hujan terbesar 90% dari jumlah hujan selama 24jam.

d. Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan tinggi hujan rencana dengan masa ulang T tahun dapat ditentukan dengan rumus (SNI 03-342-1994 hal 12 dan 39)

$$X_t = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(Pers. 2.18.1)$$

Dimana:

X_t = Besar Curah hujan untuk periode ulang T tahun(mm/jam)

S_x = Standard deviasi

X_t = Besar curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm/jam)

\bar{x} = Tinggi hujan maksimum

\bar{x} = Tinggi hujan maksimum komulatif rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots(Pers. 2. 18.2)$$

Keterangan:

X_i = curah hujan harian maksimum(mm)

N = jumlah tahun curah hujan harian

Y_t = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang

Tabel 2. 22 Tabel Periode Ulang

Periode Ulang(Tahun)	Variasi yang berkurang
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985

50	3,9019
100	4,6001

Sumber: tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03- 3424-1994 hal 6

Yn dapat ditentukan menggunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2. 23 Nilai Yn

N	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5126	0,5157
20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,5320
30	0,5352	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Sumber: tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03- 3424-1994 hal 6

Nilai Sn dapat ditentukan menggunakan tabel dibawah ini:

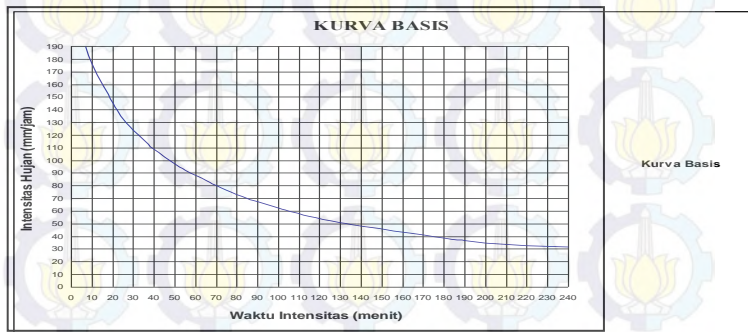
Tabel 2. 24 Nilai Sn

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,1690	1,1698	1,1906

80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980
90	0,2007	1,2013	1,2020	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

Sumber: tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994 hal 6

Setelah memperoleh nilai I dari persamaan diatas, maka diplot pada kurva basis sehingga didapatkan kurva I rencana



Gambar 2. 16 Kurva Basis

e. Waktu konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi adalah lama waktu yang dibutuhkan oleh aliran air untuk dapat mencapai suatu titik tertentu pada saluran drainase. Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh kemiringan sakeluran, kecepatan aliran dan kondisi permukaan saluran. Dari ketiga hal tersebut, perhitungan waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(Pers. 2.19.1)$$

Dimana:

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(Pers. 2.19.2)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(Pers. 2.19.3)$$

Keterangan:

T_c = Waktu konsentrasi(menit)

T_1 = Waktu inlet(menit)

T_2 = Waktu aliran (menit)

L_o = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase(m)

L = Panjang Saluran(m)

N_d = Koefesien hambatan

S = Kemiringan daerah pengaliran

V = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt)

f. Intensitas Hujan Maksimum

Untuk mendapatkan intensitas hujan maksimum maka hasil perhitungan waktu konsentrasi diplotkan pada kurva basis rencana.

g. Menentukan Koefesien Pengaliran

Aliran yang masuk kedalam saluran drainase berasal dari suatu catchment area disekitar saluran drainase untuk menentukan koefesien pengaliran dipergunakan persamaan:

$$C = \frac{C1A1+C2A2+C3A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(Pers. 2.20)$$

Dimana:

$C1, C2, C3$ = Koefesien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisipermukaan

$A1, A2, A3$ = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisipermukaan.

h. Debit Aliran

Debit aliran air adalah jumlah air yang mengalir masuk kedalam saluran tepi. Dari keseluruhan analisa hidrologi di atas, maka debit air yang melalui saluran drainase dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(Pers. 2.21)$$

Dimana:

- Q = Debit air (m/detik)
 C = Koefisien pengaliran
 I = Intensitas hujan (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran (km²)

Tabel 2. 25 Nilai Koefisien Pengaliran

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan beraspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu : - Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
4.	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
5.		
6.		
7.	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
8.		
9.		
10.	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
11.		
12.	Daerah Perkotaan Daerah pinggir kota	0,70 – 0,95

Daerah Industri	0,60 – 0,70
Pemukiman Padat	0,60 – 0,90
Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
Taman dan kebun	0,40 – 0,60
Persawahan	0,20 – 0,40
Perbukitan	0,45 – 0,60
Pegunungan	0,70 – 0,80
	0,75 – 0,90

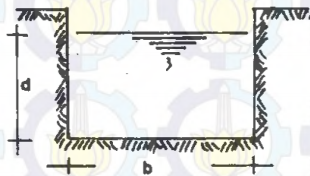
Sumber: tata cara perencanaan drainase jalan SNI 03-3424-1994

2.5.2 Perencanaan Dimensi Saluran

Perencanaan dimensi saluran ini ditinjau terlebih dahulu dari bentuk yang digunakan, menurut bentuknya saluran terbuka dibagi menjadi 4 yaitu :

- Saluran bentuk trapesium
- Saluran bentuk segi tiga
- Saluran bentuk segi empat
- Saluran bentuk lingkaran

Pada perencanaan saluran ruas jalan ponorogo pacitan menggunakan saluran terbuka berbentuk segi empat, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :



1. Penjelasan bagian-bagian drainase segi empat
 b = lebar dasar saluran
 d atau h = tinggi muka air
2. Menghitung penampang basah paling ekonomis (Fe)
 $b = 2 \times h$ (Pers. 2.22)

3. Perhitungan Luasan basah drainase trapesium

$$A = (bx h) \dots\dots\dots(Pers. 2.23)$$

4. Perhitungan luasan drainase berdasarkan debit

$$Fd = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(Pers. 2.24)$$

5. Gunakan persamaan $F_e = F_d$ agar didapatkan tinggi drainase (h) dan lebar dasar drainase (b)

6. Hitung kemiringan drainase

$$i = \left(\frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots(Pers. 2.25)$$

7. Periksa kemiringan tanah pada lokasi yang akan dibuat drainase

$$i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots(Pers. 2.26)$$

8. Apabila perhitungan kemiringan tanah dasar lebih besar dari kemiringan drainase maka perlu di design bangunan pematah arus.

2.5.3 Perencanaan Gorong – Gorong

Gorong-gorong merupakan bagian jalan yang berfungsi sebagai pembuang air dari saluran drainase menuju ke saluran primer. Gorong-gorong ditempatkan melintang jalan dan harus cukup besar dimensinya untuk melewati debit air maksimum dari daerah pengaliran secara efisien. Kemiringan gorong-gorong antara 0,50% - 2,00% dengan pertimbangan faktor – faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan dan erosi di tempat air masuk dan di tempat pengeluaran air. Langkah-langkah perhitungan gorong-gorong sebagai berikut :

- Perencanaan penampang basah dengan tinjauan paling ekonomis (F_e)

$$F_e = \frac{1}{8} \times (4,5 - \sin 4,5) D^2$$

$$F_e = 0,685 \times D^2 \dots\dots\dots (Pers. 2.27)$$

Dengan syarat :

$$d = 0,8 \times D \dots\dots\dots (Pers. 2.28)$$

$$\Theta = 4,5 \text{ radial}$$

- Perencanaan penampang basah dengan tinjauan debit air (F_d)

$$F_d = \frac{Q_1 \times Q_2}{V} \dots\dots\dots (Pers. 2.29)$$

- Penentuan dimensi gorong-gorong

$$F_e = F_d \dots\dots\dots (Pers. 2.30)$$

- Perhitungan kemiringan gorong-gorong untuk membuang air

$$P = 2 \times R \times \Theta \dots\dots\dots (Pers. 2.31)$$

Perhitungan luas penampang basah

$$F = 0,685 \times D^2 \dots\dots\dots (Pers. 2.32)$$

Perhitungan jari jari hidrolis gorong-gorong

$$R = \frac{F}{P} \dots\dots\dots (Pers. 2.33)$$

Perhitungan kemiringan gorong-gorong

$$I = \left(\frac{V \times n}{R_s^2} \right)^2 \dots\dots\dots (Pers. 2.34)$$

Kemiringan gorong-gorong memenuhi syarat kemiringan yang diijinkan 0,5 – 2%

2.6 Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan biaya merupakan suatu cara dan proses perhitungan untuk mendapatkan jumlah nilai atau besarnya kebutuhan biaya total yang digunakan dalam suatu konstruksi bangunan tertentu.

2.6.1 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah pekerjaan dalam suatu satuan. Untuk menghitung volume pekerjaan dapat dihitung dengan melihat pada gambar design baik long section maupun cross section.

2.6.2 Harga Satuan Pekerja

Harga satuan pekerja merupakan hasil dari perhitungan bagian penunjang dari suatu pekerjaan antara lain bahan, peralatan, upah, tenaga kerja dan lain sebagainya dan dikalikan dengan koefisien pekerja.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir perencanaan peningkatan jalan dengan menggunakan Perkerasan Kaku adalah sebagai berikut:

3.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan tahap awal dari suatu kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap persiapan ini yang dilakukan adalah dengan menentukan pihak mana yang harus dihubungi terkait dengan keperluan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Adapun pekerjaan persiapan sebagai berikut :

- a. Mencari informasi pada instansi terkait sesuai dengan data yang dibutuhkan.
- b. Mengurus surat-surat yang diperlukan, yaitu proposal dan surat pengantar untuk instansi terkait
- c. Mencari, mengumpulkan, dan mempelajari segala bentuk kegiatan yang sekiranya dapat mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

3.2 Pengumpulan Data

- a. Peta lokasi
- b. Data Lalu Lintas (LHR)
- c. Data Tanah dan CBR tanah dasar
- d. Data lalu lintas
- e. Data Curah Hujan
- f. Gambar eksisting

3.3 Pengolahan data

3.3.1 Pengolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang berupa LHR dianalisa untuk dapat mendapatkan tingkat pertumbuhan rata-rata maupun pertumbuhan tiap jenis kendaraan sampai dengan akhir umur rencana. Dengan angka pertumbuhan kendaraan yang didapatkan data kapasitas kendaraan yang diperlukan untuk merencanakan pelebaran jalan. Sedangkan untuk perkerasan jalan diperlukan data beban kendaraan, yaitu : beban yang berkaitan dengan sumbu kendaraan (STRT, STRG, dan SGRG), volume lalu lintas, pertumbuhan lalu lintas, dan konfigurasi roda.

3.3.2 Pengolahan Data CBR Tanah Dasar

Analisa tanah dasar dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar karena mutu dan daya tahan suatu konstruksi perkerasan bergantung pada sifat tanah dasar. Pada analisa ini diperlukan data CBR beberapa tempat sehingga didapatkan nilai CBR rencana. Dengan CBR rencana ini akan didapatkan daya dukung tanah dasar yang dinyatakan dengan modulus reaksi tanah dasar.

3.3.3 Pengolahan Data Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan ini digunakan untuk perencanaan besarnya debit limpasan yang terjadi pada suatu Catchmen Area, dimana besarnya debit untuk menghitung dimensi saluran drainase jalan. Data curah hujan diambil dari stasiun hujan terdekat dengan lokasi studi.

3.4 Perencanaan Peningkatan Jalan

a. Analisa kapasitas jalan

- Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio arus terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan tersebut layak digunakan atau tidak. Derajat kejenuhan ini diberi batasan $\leq 0,75$ (luar kota), apabila melebihi maka dianggap jalan tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas sehingga perlu adanya pelebaran jalan.

b. Analisa kebutuhan pelebaran jalan

- Analisa data jumlah kendaraan

3.5 Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku

a. Struktur dan jenis perkerasan

b. Penentuan besaran rencana (STRT, STRG, dan SGRG)

c. Perencanaan tebal plat

d. Perencanaan tulangan

e. Teknik penyambungan dan penulangan

3.6 Kontrol Geometrik Jalan

a. Alinyemen horizontal

b. Alinyemen vertical

3.7 Perencanaan Drainase

a. Analisa hidrologi

b. Menghitung koefisien pengaliran

c. Menghitung kemiringan saluran

d. Menghitung kecepatan rata-rata

e. Menghitung debit aliran

f. Menghitung dimensi saluran

3.8 Perencanaan Stabilitas Lereng

Perencanaan stabilitas lereng ini meliputi peninjauan lereng dengan menghitung H kritis dari lereng tersebut. H kritis tersebut sebagai penentu apakah lereng tersebut stabil atau tidak.

3.9 Gambar Rencana

Pada tahap ini gambar rencana berupa gambar dari hasil perhitungan perencanaan jala dan perencanaan drainase.

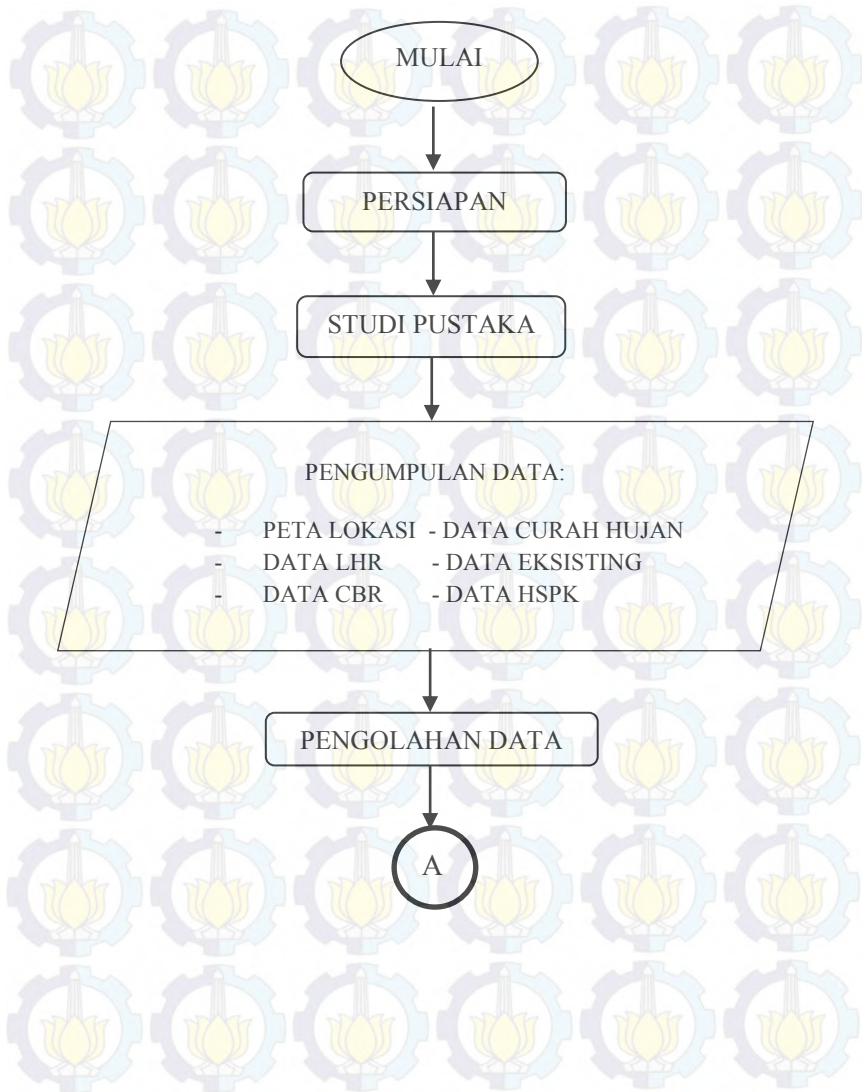
3.10 Rencana Anggaran Biaya

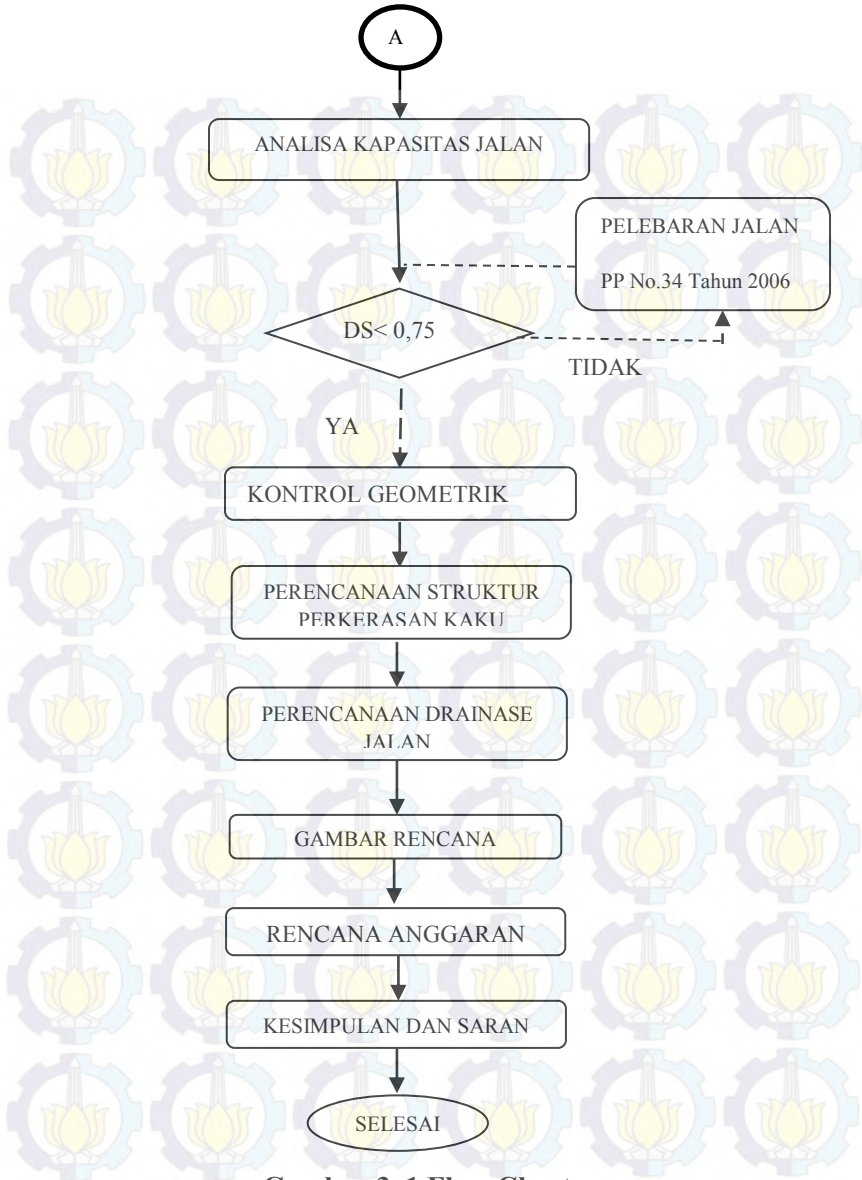
Rencana anggaran biaya adalah perhitungan biaya dari seluruh total pekerjaan yang dilakukan selama melaksanakan pekerjaan peningkatan jalan dan sudah direkap hingga menghasilkan jumlah total biaya keseluruhan yang dibutuhkan selama proses pengerjaan peningkatan jalan tersebut.

3.11 Kesimpulan Dan Saran

Berisi mengenai kesimpulan dan saran yang diambil dari hasil Tugas Akhir ini.

3.11 FLOW CHART





Gambar 3. 1 Flow Chart

BAB IV

PENGUMPULAN DATA

4.1 Umum

Perencanaan peningatan ruas jalankabupaten Pacitan – Ponorogo KM SBY.260+700-KM SBY 264+100 mengacu pada kondisi jalan sebelum pelaksanaan proyek peningkatan jalan dimulai. Data-data kondisi jalan sebelum proyek peningkatan dilaksanakan atau disebut data eksisting dapat berupa data primer maupun data sekunder. Pengertian data primer dan data sekunder adalah sebagai berikut :

- Data primer : Data yang didapatkan melalui survey atau riset yang dilakukan sendiri
- Data sekunder : adalah data yang didapatkan melalui tangan kedua atau ketiga, dalam hal ini adalah data yang diberikan surveyor atau kontraktor dan konsultan yang bersangkutan

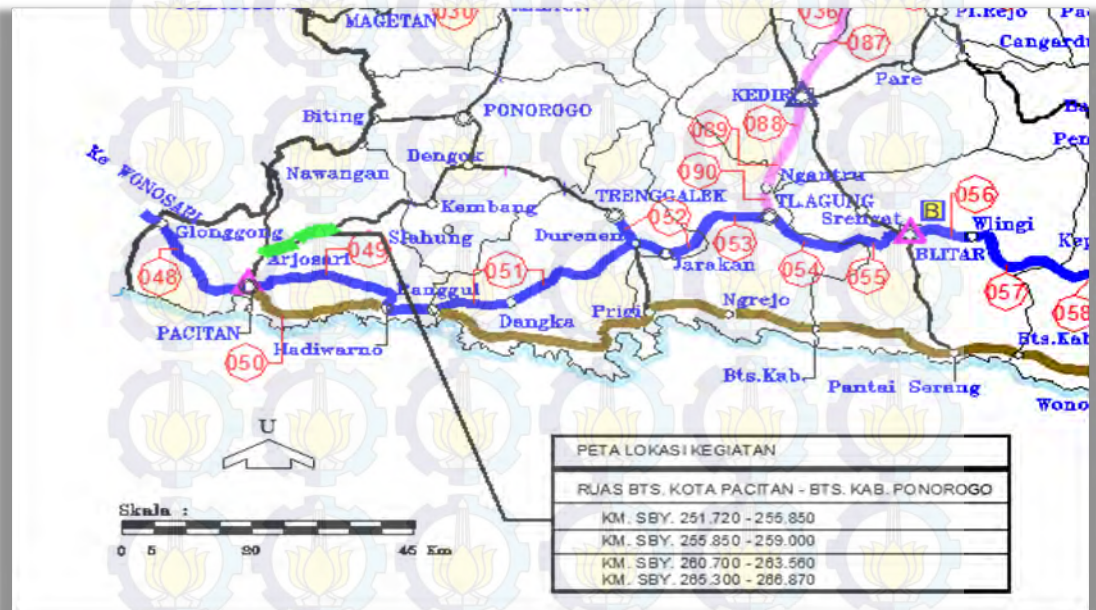
Sehingga untuk mendukung perencanaan peningkatan jalan dengan menggunakan perkerasan rigid diperlukan data-data sebagai berikut :

- a. Peta Lokasi Proyek
- b. Data Geometrik Jalan
- c. Data CBR Tanah Dasar
- d. Data Lalu Lintas (LHR)
- e. Data Curah Hujan
- f. Data Foto Kondisi Existing Jalan
- g. Gambar LongSection dan CrossSection

4.2 Pengumpulan data

4.2.1 Peta Lokasi

Jalan yang akan ditingkatkan adalah termasuk dalam ruas jalan kabupaten Pacitan – Ponorogo tepatnya yaitu pada KM SBY.260+700 sampai KM SBY 264+100. Lokasi jalan tersebut ditunjukkan oleh peta berikut ini :



Gambar 4.1 Peta Lokasi Proyek

4.2.2 Data geometrik Jalan raya

Kondisi geometrik jalan secara umum menyangkut aspek – aspek bagian jalan seperti : lebar perkerasan, lebar bahu jalan, alinyemen vertikal dan horizontal, kebebasan samping, kemiringan melintang dan super elevasi. Tujuan utama penggunaan prinsip geometrik adalah tercapainya syarat – syarat konstruksi jalan yang aman dan nyaman.

Berdasarkan data dari pihak perencanaan, diketahui kriteria geometrik jalan sebagai berikut

Tabel 4.1 Karakteristik Jalan

No.	Uraian	Satuan	Tipe
1.	Fungsi jalan		Kolektor
2.	Tipe jalan		III B
3.	Tipe medan		Perbukitan
4.	Kecepatan rencana (V)	Km/jam	20 s/d 40
5.	Lebar perkerasan	m	2 x 3,5

Sumber : Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V

4.2.3 Data Lalu Lintas

Data LHR yang kami peroleh berasal dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V. Data LHR tersebut berupa jumlah volume kendaraan rata-rata per tahun dalam 1 hari. Data LHR tersebut berisi volume kendaraan dari tahun 2012-2014. Data Lalu lintas ini diperlukan untuk memperkirakan adanya pelebaran jalan dengan disertai perkiraan adanya perkembangan lalu lintas harian rata – rata pertahun sampai umur rencana. Selain itu digunakan juga untuk merencanakan tebal lapis perkerasan pelebaran

jalan dan lapis ulang. Berikut adalah tabel yang berisi jumlah volume kendaraan mulai dari tahun 2012-2014.

Tabel 4.2 Volume LHR dari Tahun 2012-2014

No	Jenis Kendaraan	Tahun		
		2012	2013	2014
1	Sepeda motor, Sekuter, Spd kumbang, Roda Tiga	9,079	9805	10590
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	794	850	909
3	Opelet, Pick-up-opelet, Suburban, Combi, Minibus	320	336	353
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	335	360	387
5	Bus Kecil	27	28	30
6	Bus Besar	24	25	26
7	Truk 2 Sumbu Kecil	264	277	291
8	Truk 2 Sumbu Besar	155	161	168
9	Truk 3 Sumbu	28	29	31
10	Truk Gandengan	6	6	7
11	Truk Semi Trailer	10	10	11
Jumlah		11,042	11,889	12,803

Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V

4.2.4 Data CBR

Data CBR yang kami gunakan adalah data CBR yang kami peroleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V dan PT MONO HEKSA selaku kontraktor pelaksana yang mengerjakan proyek untuk ruas jalan tersebut. Data CBR yang kami peroleh merupakan hasil dari uji langsung di lapangan pada 3 titik untuk mengetahui nilai daya dukung dari tanah dasar untuk ruas jalan tersebut. Berikut ini adalah tabel yang berisi nilai CBR pada ruas jalan KM SBY 260+700 - KM SBY 264+100.

Tabel 4.3 Nilai CBR untuk ruas jalan KM SBY 260+700-264+100

No	KM	kondisi tanah	Nilai CBR
1	258+000	sudah rendam	4.70%
2	263+500	sudah rendam	4.33%
3	261+300	sudah rendam	6.10%

Sumber: PT MONO HEKSA

4.2.5 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang kami gunakan pada tugas akhir ini kami peroleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V yang berasal dari stasiun hujan Pacitan. Data curah hujan yang kami gunakan merupakan data curah hujan puncak tiap tahunnya. Data tersebut berisikan curah hujan puncak pada 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2005-2014. Berikut ini adalah tabel data curah hujan 10 tahun terakhir.

Tabel 4.4 Data Curah Hujan Tahun 2005-2014

No	Tahun	Hujan harian rata-rata max
1	2005	218
2	2006	95
3	2007	158
4	2008	127
5	2009	137
6	2010	78
7	2011	110
8	2012	96
9	2013	145

10	2014	145
Jumlah	10	1309

Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V

4.2.6 Gambar Kondisi Eksisting



Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting Jalan



Gambar 4.3 Kondisi Eksisting Saluran

4.3 Penyajian Data

Data-data yang sudah didapatkan tersebut kemudian harus diolah terlebih dahulu agar dapat ditentukan parameter-parameter yang ingin dicapai.

4.3.1 Data Lalu Lintas

Data jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2012 sampai tahun 2014 digunakan untuk mengetahui angka pertumbuhan lalu lintas untuk masing – masing jenis kendaraan. Dalam mencari pertumbuhan lalu lintas , dipergunakan program Ms. Excel untuk memperoleh rumus pertumbuhan dari regresi yang dilakukan. Kemudian kami olah lagi kedalam program Ms. Excel untuk mencari pertumbuhan lalu lintas (i) rata – rata. Berikut langkah – langkah yang dipergunakan untuk mencari pertumbuhan lalu lintas tiap kendaraan :

- a. Membuat grafik dan persamaan regresi dari data masing-masing jumlah kendaraan bermotor dalam program MS.Excel dengan memasukkan data kendaraan sebagai kolom “y” dan tahun perolehan data-data lalu lintas tersebut sebagai kolom “x” secara berurutan mulai dari tahun pertama sampai tahun akhir data.
- b. Blok kolom “x” dan kolom, “y” sehingga menghasilkan grafik regresi.
- c. Cek grafik regresi dengan cara menghitung persamaan regresi tersebut.
- d. Dari persamaan regresi tersebut dipindah dalam program Ms. Excel untuk mencari prediksi

pertumbuhan tiap kendaraan ditiap-tiap tahun untuk umur rencana 20 tahun mendatang.

- e. Dari hasil perhitungan persamaan regresi dapat diperoleh pertumbuhan tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dengan rumus :

$$X_1 = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \longrightarrow X_5 = \frac{y_5 - y_4}{y_4}$$

- f. Dengan jumlah hasil perhitungan persamaan pertumbuhan lalu lintas pada tiap kendaraan untuk masing-masing tahun dapat kita peroleh pertumbuhan lalu lintas (i) dengan rumus :

$$i = \frac{\sum x}{n}$$

- g. Kemudian hasil dari rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i) diubah kedalam bentuk persen (%)

Data yang dianalisis adalah data volume lalu lintas kendaraan pada Tabel 4.1 dalam melakukan analisa data lalu lintas, dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari pertumbuhan kendaraan atau lalu lintas per tahun untuk masing-masing kendaraan. Untuk mencari pertumbuhan lalu lintas kami menggunakan rumus yang terdapat pada hasil regresi pertumbuhan lalu lintas yang terdapat di dalam program Ms. Excel. Kemudian kita olah kembali ke dalam Ms. Excel untuk mencari pertumbuhan lalu lintas rata-rata per tahun (i).

➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan sepeda motor

Tabel 4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor

Sepeda motor, Sekuter, Spd kumbang, Roda Tiga						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. Regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	9079	9070	0	0.0422	4.2234
2	2013	9805	9825	0.07684		
3	2014	10590	10581	0.07145		
4	2015		11336	0.0666		
5	2016		12092	0.06252		
6	2017		12847	0.05877		
7	2018		13603	0.05558	0.03908	3.908
8	2019		14358	0.05258		
9	2020		15114	0.05002		
10	2021		15869	0.04758		
11	2022		16625	0.04547		
12	2023		17380	0.04344		
13	2024		18136	0.04169		
14	2025		18891	0.03997		
15	2026		19647	0.03848		
16	2027		20402	0.03701		
17	2028		21158	0.03573		
18	2029		21913	0.03445		
19	2030		22669	0.03335		
20	2031		23424	0.03223		
21	2032		24180	0.03127		

22	2033		24935	0.03028		
23	2034		25691	0.02943		
24	2035		26446	0.02855		
25	2036		27202	0.02779		
26	2037		27957	0.02701		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.1 Grafik pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Sepeda Motor

Dari grafik 4.1 diperoleh $R^2 = 0.9995$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,908 %.

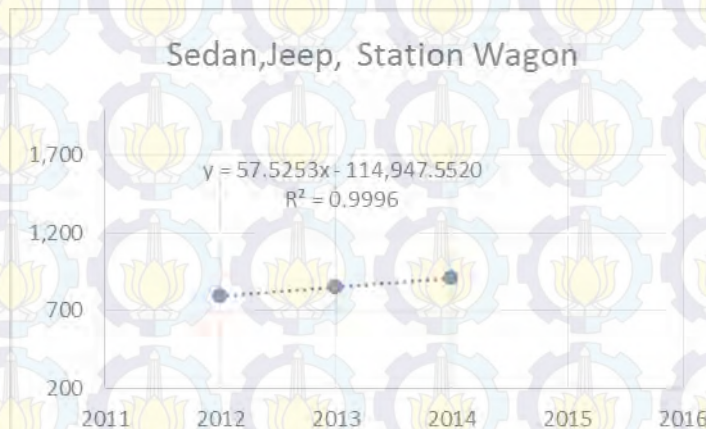
➤Pertumbuhan lalu lintas kendaraan sepeda mobil pribadi

Tabel 4.6 Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi

Sedan,Jeep, Station Wagon						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. Regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	794	794	0	0.03885	3.885
2	2013	850	851	0.06698		
3	2014	909	909	0.06381		
4	2015		966	0.05901		
5	2016		1024	0.05664		
6	2017		1081	0.05273		
7	2018		1139	0.05092	0.03637	3.637
8	2019		1196	0.04766		
9	2020		1254	0.04625		
10	2021		1311	0.04348		
11	2022		1369	0.04237		
12	2023		1426	0.03997		
13	2024		1484	0.03908		
14	2025		1541	0.03699		
15	2026		1599	0.03627		
16	2027		1656	0.03442		
17	2028		1714	0.03384		
18	2029		1771	0.03219		
19	2030		1829	0.03171		
20	2031		1886	0.03022		
21	2032		1944	0.02984		

22	2033		2001	0.02849		
23	2034		2059	0.02817		
24	2035		2116	0.02694		
25	2036		2174	0.02668		
26	2037		2231	0.02555		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.2 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Kendaraan Mobil Pribadi

Dari grafik 4.2 diperoleh $R^2 = 0.9996$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,637 %.

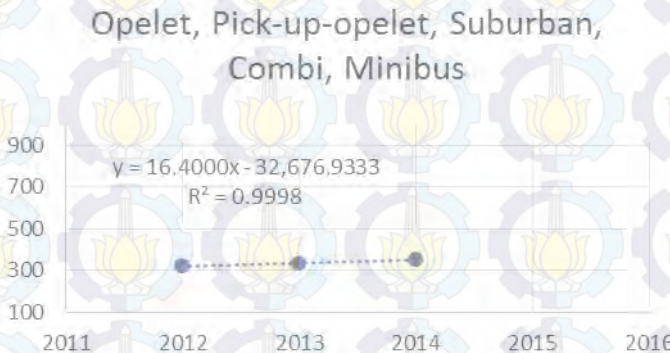
➤ Pertumbuhan lalu lintas MPU/Minibus

Tabel 4.7 Pertumbuhan Lalu Lintas Opelet, Pick up-opelet, Suburban, Combi, Minibus

Opelet, Pick-up-opelet, Suburban, Combi, Minibus						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. Regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	320	320	0	0.03132	3.132
2	2013	336	337	0.05045		
3	2014	353	353	0.04533		
4	2015		370	0.04595		
5	2016		386	0.04145		
6	2017		403	0.04218		
7	2018		419	0.03819	0.03006	3.006
8	2019		436	0.03899		
9	2020		452	0.0354		
10	2021		469	0.03625		
11	2022		485	0.03299		
12	2023		502	0.03386		
13	2024		518	0.03089		
14	2025		535	0.03178		
15	2026		551	0.02904		
16	2027		568	0.02993		
17	2028		584	0.0274		
18	2029		601	0.02829		
19	2030		617	0.02593		
20	2031		634	0.02681		
21	2032		650	0.02462		

22	2033		667	0.02549		
23	2034		683	0.02343		
24	2035		700	0.02429		
25	2036		716	0.02235		
26	2037		733	0.02319		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.3 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Opelet, Pick up-opelet, Suburban, Combi, Minibus

Dari grafik 4.3 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,006 %.

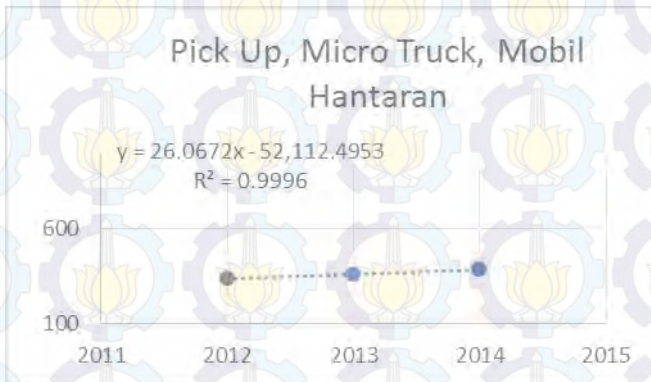
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan pick up

Tabel 4.8 Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up

Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	irata2	i(%)
1	2012	335	335	0	0.04051	4.051
2	2013	360	361	0.07202		
3	2014	387	387	0.06718		
4	2015		413	0.06295		
5	2016		439	0.05923		
6	2017		465	0.05591		
7	2018		491	0.05295	0.03771	3.771
8	2019		517	0.05029		
9	2020		543	0.04788		
10	2021		569	0.04569		
11	2022		595	0.0437		
12	2023		621	0.04187		
13	2024		647	0.04019		
14	2025		673	0.03863		
15	2026		699	0.0372		
16	2027		725	0.03586		
17	2028		751	0.03462		
18	2029		777	0.03346		
19	2030		803	0.03238		
20	2031		829	0.03136		
21	2032		855	0.03041		
22	2033		881	0.02951		

23	2034		907	0.02867		
24	2035		933	0.02787		
25	2036		959	0.02711		
26	2037		985	0.0264		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.4 Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas Pick Up

Dari grafik 4.4 diperoleh $R^2 = 0.9996$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel ($x_1, x_2 \dots x_n$) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,771 %.

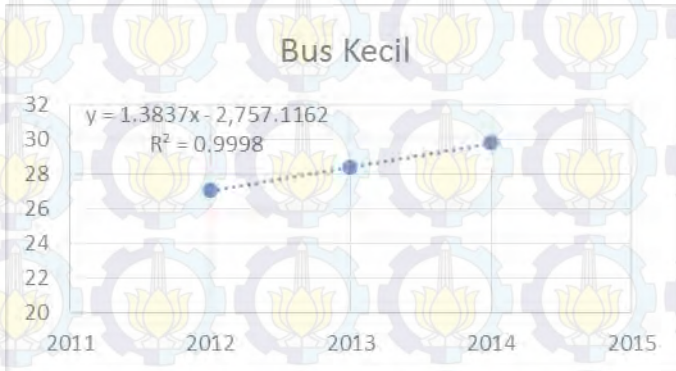
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan bus kecil

Tabel 4.9 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Kecil

Bus Kecil						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	irata2	i(%)
1	2012	27	27	0	0.0331	3.31
2	2013	28	29	0.06897		
3	2014	30	30	0.03333		
4	2015		32	0.0625		
5	2016		33	0.0303		
6	2017		35	0.05714		
7	2018		36	0.02778	0.03169	3.169
8	2019		38	0.05263		
9	2020		39	0.02564		
10	2021		41	0.04878		
11	2022		42	0.02381		
12	2023		44	0.04545		
13	2024		45	0.02222		
14	2025		47	0.04255		
15	2026		48	0.02083		
16	2027		50	0.04		
17	2028		51	0.01961		
18	2029		53	0.03774		
19	2030		54	0.01852		
20	2031		56	0.03571		
21	2032		57	0.01754		
22	2033		59	0.0339		

23	2034		60	0.01667		
24	2035		62	0.03226		
25	2036		63	0.01587		
26	2037		65	0.03077		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.5 Grafik pertumbuhan lalu lintas bus kecil

Dari grafik 4.5 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,169%.

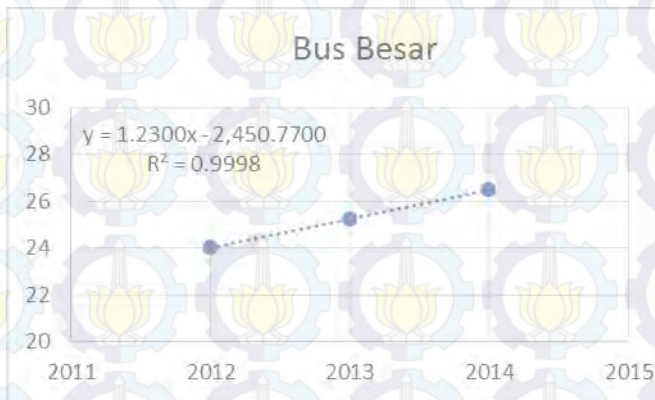
➤ Pertumbuhan lalu lintas bus besar

Tabel 4.10 Pertumbuhan Lalu Lintas Bus Besar

Bus Besar						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	irata2	i(%)
1	2012	24	24	0	0.02705	2.705
2	2013	25	25	0.04		
3	2014	26	26	0.03846		
4	2015		27	0.03704		
5	2016		28	0.03571		
6	2017		29	0.03448		
7	2018		30	0.03333	0.02629	2.629
8	2019		31	0.03226		
9	2020		32	0.03125		
10	2021		33	0.0303		
11	2022		34	0.02941		
12	2023		35	0.02857		
13	2024		36	0.02778		
14	2025		37	0.02703		
15	2026		38	0.02632		
16	2027		39	0.02564		
17	2028		40	0.025		
18	2029		41	0.02439		
19	2030		42	0.02381		
20	2031		43	0.02326		
21	2032		44	0.02273		
22	2033		45	0.02222		

23	2034		46	0.02174		
24	2035		47	0.02128		
25	2036		48	0.02083		
26	2037		49	0.02041		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.6 Grafik pertumbuhan lalu lintas bus besar

Dari grafik 4.6 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 2,629 %.

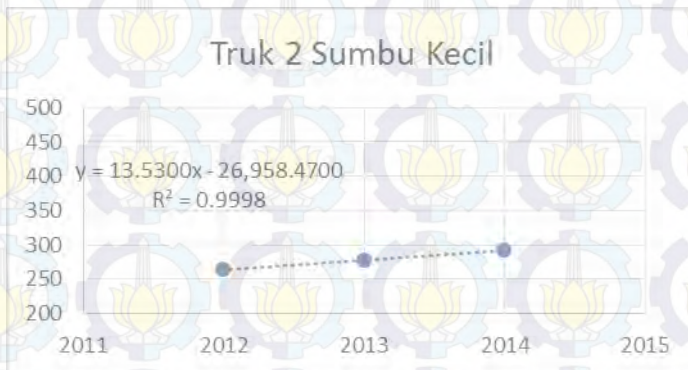
➤ Pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu kecil

Tabel 4.11 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As Sumbu Kecil

Truk 2 Sumbu Kecil						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	irata2	i(%)
1	2012	264	264	0	0.03116	3.116
2	2013	277	278	0.05036		
3	2014	291	291	0.04467		
4	2015		305	0.0459		
5	2016		318	0.04088		
6	2017		332	0.04217		
7	2018		345	0.03768	0.02992	2.992
8	2019		359	0.039		
9	2020		372	0.03495		
10	2021		386	0.03627		
11	2022		399	0.03258		
12	2023		413	0.0339		
13	2024		426	0.03052		
14	2025		440	0.03182		
15	2026		453	0.0287		
16	2027		467	0.02998		
17	2028		480	0.02708		
18	2029		494	0.02834		
19	2030		507	0.02564		
20	2031		521	0.02687		
21	2032		534	0.02434		
22	2033		548	0.02555		

23	2034		561	0.02317		
24	2035		575	0.02435		
25	2036		588	0.02211		
26	2037		602	0.02326		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.7 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu kecil

Dari grafik 4.7 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 2,992 %.

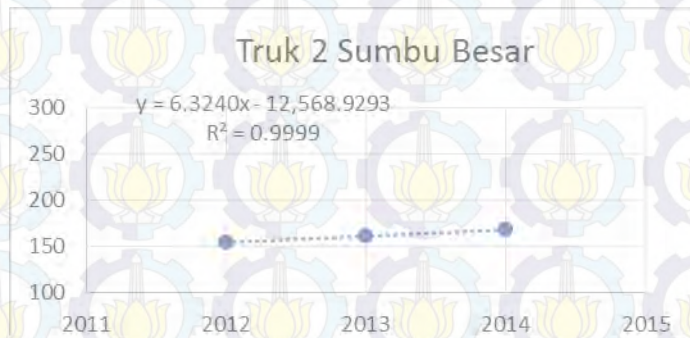
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan truk 2 as sumbu besar

Tabel 4.12 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 2 As sumbu Besar

Truk 2 Sumbu Besar						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	irata2	i(%)
1	2012	155	155	0	0.02723	2.723
2	2013	161	162	0.04321		
3	2014	168	168	0.03571		
4	2015		175	0.04		
5	2016		181	0.03315		
6	2017		188	0.03723		
7	2018		194	0.03093	0.02647	2.647
8	2019		201	0.03483		
9	2020		207	0.02899		
10	2021		214	0.03271		
11	2022		220	0.02727		
12	2023		227	0.03084		
13	2024		233	0.02575		
14	2025		240	0.02917		
15	2026		246	0.02439		
16	2027		253	0.02767		
17	2028		259	0.02317		
18	2029		266	0.02632		
19	2030		272	0.02206		
20	2031		279	0.02509		
21	2032		285	0.02105		
22	2033		292	0.02397		

23	2034		298	0.02013		
24	2035		305	0.02295		
25	2036		311	0.01929		
26	2037		318	0.02201		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.8 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 2 as sumbu besar

Dari grafik 4.8 diperoleh $R^2 = 0.9999$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 2,647 %.

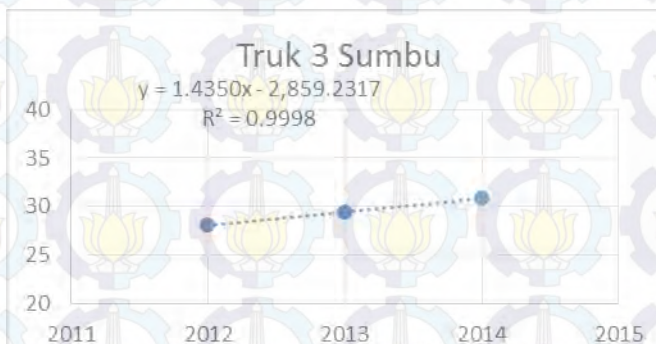
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan truk 3 sumbu

Tabel 4.13 Pertumbuhan Lalu Lintas Truk 3 Sumbu

Truk 3 Sumbu						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	28	28	0	0.0323	3.23
2	2013	29	30	0.06667		
3	2014	31	31	0.03226		
4	2015		33	0.06061		
5	2016		34	0.02941		
6	2017		36	0.05556		
7	2018		37	0.02703	0.03102	3.102
8	2019		39	0.05128		
9	2020		40	0.025		
10	2021		42	0.04762		
11	2022		43	0.02326		
12	2023		45	0.04444		
13	2024		46	0.02174		
14	2025		48	0.04167		
15	2026		49	0.02041		
16	2027		51	0.03922		
17	2028		52	0.01923		
18	2029		54	0.03704		
19	2030		55	0.01818		
20	2031		57	0.03509		

21	2032		58	0.01724		
22	2033		60	0.03333		
23	2034		61	0.01639		
24	2035		63	0.03175		
25	2036		64	0.01563		
26	2037		66	0.0303		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.9 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk 3 sumbu

Dari grafik 4.9 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien deter

Dari grafik 4.9 diperoleh $R^2 = 0.9998$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3.102 %

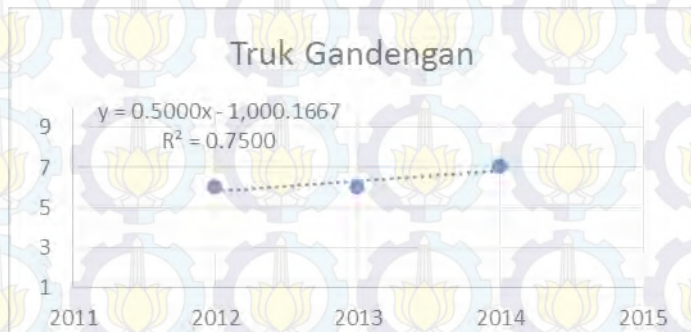
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan truk gandengan

Tabel 4.14 Pertumbuhan lalu lintas truk gandengan

Truk Gandengan						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	6	6	0	0.0422	4.222
2	2013	6	7	0.14286		
3	2014	7	7	0		
4	2015		8	0.125		
5	2016		8	0		
6	2017		9	0.11111		
7	2018		9	0	0.03952	3.952
8	2019		10	0.1		
9	2020		10	0		
10	2021		11	0.09091		
11	2022		11	0		
12	2023		12	0.08333		
13	2024		12	0		
14	2025		13	0.07692		
15	2026		13	0		
16	2027		14	0.07143		
17	2028		14	0		
18	2029		15	0.06667		
19	2030		15	0		
20	2031		16	0.0625		
21	2032		16	0		
22	2033		17	0.05882		

23	2034		17	0		
24	2035		18	0.05556		
25	2036		18	0		
26	2037		19	0.05263		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.10 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk

Dari grafik 4.10 diperoleh $R^2 = 0.750$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,952 %.

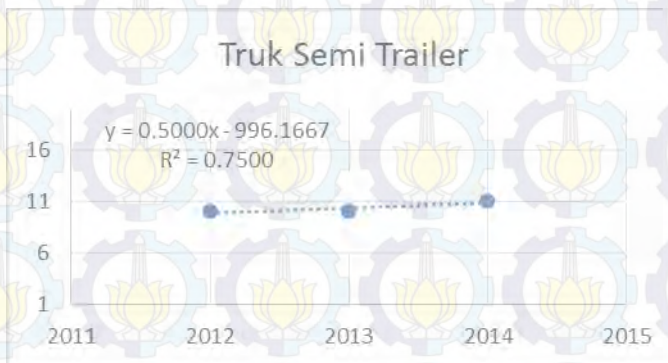
➤ Pertumbuhan lalu lintas kendaraan truk semi trailer

Tabel 4, 15 Pertumbuhan lalu lintas truk semi trailer

Truk Semi Trailer						
No	Tahun (x)	LHR (y)	Pers. regresi	i	i rata2	i(%)
1	2012	10	6	0	0.04579	4.579
2	2013	10	7	0.14286		
3	2014	11	7	0		
4	2015		12	0.41667		
5	2016		12	0		
6	2017		13	0.07692		
7	2018		13	0	0.03005	3.005
8	2019		14	0.07143		
9	2020		14	0		
10	2021		15	0.06667		
11	2022		15	0		
12	2023		16	0.0625		
13	2024		16	0		
14	2025		17	0.05882		
15	2026		17	0		
16	2027		18	0.05556		
17	2028		18	0		
18	2029		19	0.05263		
19	2030		19	0		
20	2031		20	0.05		
21	2032		20	0		
22	2033		21	0.04762		

23	2034		21	0		
24	2035		22	0.04545		
25	2036		22	0		
26	2037		23	0.04348		

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Grafik 4.11 Grafik pertumbuhan lalu lintas truk semi trailer

Dari grafik 4.11 diperoleh $R^2 = 0,750$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variabel (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variabel terikat (y), sehingga dapat diperoleh persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata-rata sebesar 3,005 %.

Dari hasil perhitungan pertumbuhan lalu lintas untuk tiap jenis kendaraan, didapatkan hasil rekapitulasi pertumbuhan lalu lintas i (%) selama umur rencana adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Rekapitulasi Pertumbuhan Lalu Lintas Tiap Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	i(%)
1	Sepeda motor, Sekuter, Spd kumbang, Roda Tiga	3.908
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	3.637
3	Opelet, Pick-up-opelet, Suburban, Combi, Minibus	3.006
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	3.771
5	Bus Kecil	3.169
6	Bus Besar	2.629
7	Truk 2 Sumbu Kecil	2.992
8	Truk 2 Sumbu Besar	2.647
9	Truk 3 Sumbu	3.102
10	Truk Gandengan	3.952
11	Truk Semi Trailer	3.005

Sumber : Hasil Pengolahan Data

4.3.2 Data Curah hujan

Data curah hujan adalah tinggi hujan dalam satu tahun waktu yang dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Provinsi Jawa Timur untuk stasiun curah hujan terdekat dengan lokasi sistem drainase. Data curah hujan dari pengamatan didapatkan curah hujan rata – rata terbesar per tahun selama

10 tahun terakhir sebagai mana terlihat pada table 4.3. Dari data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan Intensitas hujan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Menentukan Standar Deviasi dari Data Curah Hujan

No	Tahun	Hujan Harian	Deviasi	$(X_i - X')^2$
		Rata-rata Max	$X_i - X'$	
1	2005	218	87,1	7586,4
2	2006	95	-35,9	1288,8
3	2007	158	27,1	734,41
4	2008	127	-3,9	15,21
5	2009	137	6,1	37,21
6	2010	78	-52,9	2798,4
7	2011	110	-20,9	436,81
8	2012	96	-34,9	1218
9	2013	145	14,1	198,81
10	2014	145	14,1	198,81
Jumlah	10	1309		14513

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Perhitungan :

a) Tinggi hujan maksimum rata-rata

$$X' = \frac{\sum x}{n}$$

$$X' = \frac{1309}{10}$$

$$X' = 130,9$$

b) perhitungan standard deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X')^2}{n}}$$

$$S_x = 38,0958$$

Ditentukan periode ulang (T) untuk selokan samping 10 tahun

Tabel 4.18 Nilai Yn

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5126	0,5157
20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,532
30	0,5352	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Sumber : SNI 03-3424-1994 Hal 16

Dari tabel tersebut didapatkan nilai Yn untuk periode ulang (T) 10 tahun adalah $Y_n = 0,5126$

Tabel 4.19 Nilai Yt

Periode Ulang (Tahun)	Variasi yang berkurang
2	0,3665
5	1,4999

10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : SNI 03-3424-1994 Hal 16

Dari tabel diatas dapat ditentukan nilai Y_t untuk periode ulang 10 tahun adalah $Y_{10}=1,4999$

Tabel 4.20 Nilai S_n

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,148	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,169	1,1698	1,1906
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198
90	0,2007	1,202	1,202	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

Sumber : SNI 03-3424-1994 Hal 16

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai S_n untuk periode ulang (T) adalah $S_n=1,0206$

Setelah nilai Y_n , Y_t , S_n diketahui kemudian menentukan nilai X_t dengan **Pers. 2.17.1** sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 X_t &= X' + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \\
 X_t &= 130,9 + \frac{38,1}{1,0206} (0,99)
 \end{aligned}$$

$$X_t = 130,9 + 36,9$$

$$X_t = 167,752$$

Kemudian setelah nilai X_t diketahui, maka setelah itu dapat menentukan intensitas curah hujan dengan cara sebagai berikut

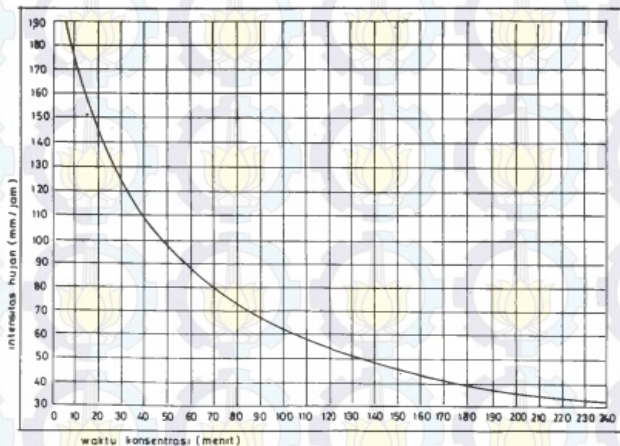
$$I = \frac{90\% \times X_t}{4}$$

$$I = \frac{90\% \times 167,752}{4}$$

$$I = 37,744$$

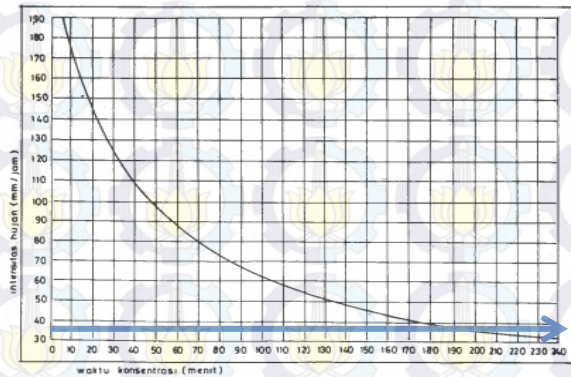
Hasil dari perhitungan Intensitas kemudian di plotkan kedalam kurva basis, yang kemudian digunakan untuk mencari nilai I dari t_c (waktu konsentrasi) untuk mencari nilai Q atau debit air. Langkah-langkah adalah sebagai berikut :

- Gambar kurva basis yang belum di plotkan intensitas hujan

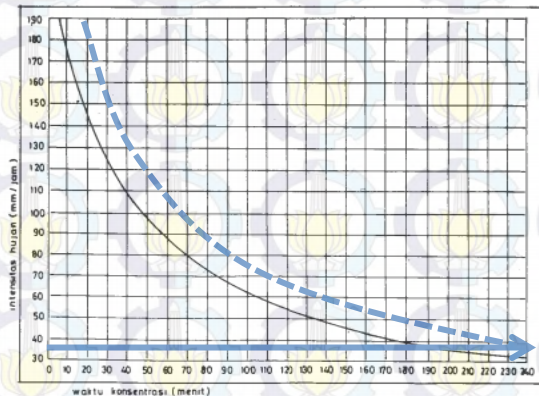


Gambar 4. 4 Kurva Basis

- Mem-plotkan nilai I yang sudah dapat yaitu 37,744, kemudian ditarik garis lurus sepanjang sumbu horizontal kurva



- Dari ujung sumbu horizontal dibuat garis lengkung seperti garis hitam yang sudah ada





BAB V PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

5.1 Analisa Data Lalu Lintas

5.1.1 Analisa Kapasitas Jalan Kondisi Eksisting

Dalam analisa kapasitas dibutuhkan hasil perhitungan dari kapasitas dasar (C_0), menentukan factor penyesuaian akibat jalus lalu lintas (FC_w), menentukan factor penyesuaian akibat pemisah arah (FC_{sp}) dan menentukan factor penyesuaian akibat hambatan samping. Dari serangkaian data tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting.

5.1.1.1 Menentukan Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dengan mengetahui dan melihat tipe ainyemen pada daerah perencanaan. Dari hasil perhitungan tipe alinyemen tersebut diatas, maka ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo KM sby. 260+700 – KM Sby. 264+100 direncanakan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah datar dengan menggunakan **Pers. 2.1** sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perhitungan ΔH

STA	Elevasi	ΔH
0+000.648	54.183	0.211
0+030.648	53.972	
0+032.144	53.977	-0.005

0+052.144	53.972	0.005
0+078.277	53.874	0.098
0+108.277	53.9	-0.026
0+138.846	54.068	-0.168
0+188.846	53.96	0.108
0+251.445	53.345	0.615
0+311.445	52.89	0.455
0+353.847	52.664	0.226
0+403.847	52.674	-0.01
0+436.859	52.859	-0.185
0+456.173	52.761	0.098
0+485.466	52.309	0.452
0+515.466	51.985	0.324
0+626.429	51.31	0.675
0+646.429	51.059	0.251
0+675.710	50.504	0.555
0+695.710	50.393	0.111
0+707.548	50.486	-0.093
0+727.548	50.515	-0.029
0+876.094	49.958	0.557
0+896.094	50.071	-0.113
0+897.745	50.095	-0.024
0+922.745	50.07	0.025
0+926.649	50.007	0.063
0+946.649	49.909	0.098
0+972.186	50.077	-0.168
1+042.186	49.98	0.097
1+070.100	49.718	0.262
1+140.100	49.771	-0.053
1+167.213	50.065	-0.294
1+197.213	50.102	-0.037
1+239.178	49.748	0.354
1+299.178	49.994	-0.246
1+301.593	50.034	-0.04

1+331.593	50.379	-0.345
1+381.157	50.694	-0.315
1+411.157	50.461	0.233
1+498.023	48.555	1.906
1+548.023	47.944	0.611
1+814.463	47.809	0.135
1+864.463	48.191	-0.382
1+895.985	48.678	-0.487
1+945.985	49.317	-0.639
1+976.137	49.623	-0.306
2+036.137	50.966	-1.343
2+051.422	51.496	-0.53
2+071.422	51.811	-0.315
2+149.357	51.571	0.24
2+169.357	51.189	0.382
2+202.952	50.008	1.181
2+222.952	49	1.008
2+237.092	48.073	0.927
2+277.092	46.19	1.883
2+328.745	44.713	1.477
2+358.745	44.442	0.271
2+372.984	44.592	-0.15
2+392.984	44.691	-0.099
2+524.853	44.603	0.088
2+574.853	45.044	-0.441
2+593.907	45.393	-0.349
2+633.907	45.798	-0.405
2+729.566	45.98	-0.182
2+759.566	45.643	0.337
2+770.244	45.382	0.261
2+800.244	44.935	0.447
2+853.880	44.645	0.29
2+903.880	44.017	0.628
2+921.113	43.677	0.34

3+001.113	43.131	0.546
3+085.074	43.641	-0.51
3+115.074	43.969	-0.328
3+120.208	44.05	-0.081
3+170.208	43.798	0.252
3+185.409	43.404	0.394
3+215.409	42.993	0.411
3+375.957	42.74	0.253
3+405.957	43.041	-0.301
3+436.829	43.71	-0.669
3+456.829	44.599	-0.889
	Σ	9.584

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Sehingga :

$$\frac{\Delta H}{\Sigma \text{panjang jalan}} = \frac{9.584}{3.5} = 2,738 \text{ m/km} < 10 \text{ m/km}$$

maka tipe alinyemen vertikal tergolong **DATAR**.

Untuk alinyemen horizontal :

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Sudut (Δ) Alinyemen Horizontal

No	STA	Δ
1	0+016.12	-6.5131
2	0+076.96	19.9453
3	0+165.74	17.8339
4	0+231.92	-17.7372
5	0+357.89	2.4128
6	0+425.30	21.4733
7	0+487.05	7.8992
8	0+526.15	-2.5022

9	0+738.01	-23.8625
10	0+867.78	-3.7367
11	0+929.29	-9.7553
12	0+984.24	32.9272
13	1+101.01	-35.7503
14	1+161.20	23.6456
15	1+226.84	-27.1531
16	1+315.73	-16.6683
17	1+399.81	-13.7128
18	1+442.05	16.7133
19	1+560.05	36.0472
20	1+600.54	7.1267
21	1+652.88	-34.8583
22	1+703.39	12.6892
23	1+777.96	-12.0506
24	1+821.56	-42.8078
25	1+911.77	71.5978
26	2+053.40	58.1753
27	2+136.98	-22.2889
28	2+219.53	12.9589
29	2+291.40	-47.9756
30	2+355.92	34.3508
31	2+391.26	-2.1789
32	2+487.42	-2.3739
33	2+521.84	2.2414
34	2+537.61	10.6169
35	2+633.24	-27.6361
36	2+696.60	-32.9503
37	2+759.51	57.4969

38	2+814.67	-5.9342
39	2+956.08	33.6094
40	3+084.03	-37.7914
41	3+163.04	-22.8381
42	3+467.64	21.2011
	Jumlah	51.8869

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Sehingga perhitungan dilanjutkan menggunakan *Pers. 2.2*:

$$\frac{\frac{51.8869}{360} \times 2\pi}{3,5} = 0,259 \text{ rad/km} < 1 \text{ rad/km}$$

Maka tipe alinyemen horizontal ruas jalan tersebut tergolong **DATAR**.

Tabel 5.3 Tipe Alinvmrn Berdasarkan

Tipe alinyemen	Naik + turun (m/km)	Lengkung horisontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1,0
Bukit	10 - 30	1,00-2,5
Gunung	> 30	> 2,5

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-40 Jalan Luar Kota

Kemudian dari tabel kapasitas dasar (C_0) pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) untuk tipe alinyemen datar diperoleh nilai $C_0 = 3100$.

Tabel 5.4 Kapasitas Dasar pada Jalan Luar

Tipe jalan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar Total kedua arah smp/jam
Dua-lajur tak-terbagi	
- Datar	3100
- Bukit	3000
- Gunung	2900

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-65 Jalan Luar Kota

5.1.1.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Dari tabel factor penyesuaian akiat lebar jalur lalu lintas untuk tipe jalan 2/2 UD dengan lebar efektif pada tabel sebesar 7 m, maka didapatkan nilai FC_w.

Tabel 5.5 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu-lintas (W _e) (m)	FC _w
Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi	Per lajur	
	3,0	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
Empat-lajur tak terbagi	3,75	1,03
	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
Dua-lajur tak-terbagi	3,50	1,00
	3,75	1,03
	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-66 Jalan Luar Kota

5.1.1.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)

Pada data lalu lintas yang kami dapat sudah dicantumkan bahwa ruas jalan Pacitan – Bts. Kab.Ponorogo untuk KM Sby. 260+700 – KM Sby. 264+100 untuk faktor penyesuaian kapasitas pemisah arah adalah 50% - 50%, dan untuk nilai FCsp yang didapat dari tabel sebesar = 1,00.

Tabel 5.6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC _{sp}	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-67 Jalan Luar Kota

5.1.1.4 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Berdasarkan data jalan dan hasil survey lapangan, dapat ditentukan bahwa ruas jalan Pacitan – Bts. Kab.Ponorogo terdapat pemukiman, pegunungan, dan penambangan sehingga kelas hambatan samping pada lokasi dapat digolongkan pada kelas rendah (L). Dari tabel faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf) untuk tipe jalan 2 jalur 2 arah (2/2 UD) dengan kelas hambatan samping rendah dengan adanya bahu jalan selebar 1,5 m, sehingga nilai FCsf = 0,97

Tabel 5.7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{sr})			
		Lebar bahu efektif W_s			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
2/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00
4/2 UD	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : MKJI 1997 hal. 6-67 Jalan Luar Kota

5.1.1.5 Menentukan Nilai Kapasitas (C)

Nilai kapasitas (C) dapat ditentukan dengan menggunakan **Pers. 2.3** berikut:

$$C_o = 3100 \text{ smp/jam}$$

$$FC_w = 1,00$$

$$FC_{sp} = 1,00$$

$$FC_{sf} = 0,97$$

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.3}) \\
 &= 3100 \text{ smp/jam} \times 1,00 \times 1,00 \times 0,97 \\
 &= 3007 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

5.1.1.6 Menentukan Derajat Kejenuhan (DS)

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai DS dapat menggunakan **Pers. 2.4** sebagai berikut

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (Pers. 2.4)$$

Dengan rumus tersebut untuk mendapatkan nilai Q menggunakan rumus berikut:

$$Q = LHRT \times k \times emp$$

Berikut adalah contoh perhitungan DS pada kondisi eksisting jalan.

Tabel 5.8 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Jalan Eksisting 2/2 UD Tahun 2017

Awal Umur Rencana Tahun 2018								
No	Jenis Kendaraan	Tahun 2017	k	Q ken/jm	emp	Q smp/jam	C	DS
1	Sepeda motor,	12847	0.11	1413.2	0.7	989.219	3007	0.438
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	1081	0.11	118.91	1	118.91		
3	Opelet, Pick-up- opelet, Suburban, Combi	403	0.11	44.33	1	44.33		
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	465	0.11	51.15	1	51.15		
5	Bus Kecil	35	0.11	3.85	1.5	5.775		
6	Bus Besar	29	0.11	3.19	1.6	5.104		
7	Truk 2 Sumbu Kecil	332	0.11	36.52	1.5	54.78		
8	Truk 2 Sumbu Besar	188	0.11	20.68	1.5	31.02		
9	Truk 3 Sumbu	36	0.11	3.96	2.5	9.9		
10	Truk Gandengan	9	0.11	0.99	2.5	2.475		
11	Truk Semi Trailer	13	0.11	1.43	2.5	3.575		
Jumlah				1699		1317		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.9 Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Eksisting 2/2 UD Tahun 2037

Akhir Umur Rencana								
No	Jenis Kendaraan	Tahun	k	Q ken/jm	emp	Q smp/jam	C	DS
		2037						
1	Sepeda motor	27957	0.11	3075.27	0.5	1537.635	3007	0.715
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	2231	0.11	245.41	1	245.41		
3	Opelet, Pick-up-opelet, Suburban	733	0.11	80.63	1	80.63		
4	Pick Up, Micro Truck, Mobil Hantaran	985	0.11	108.35	1	108.35		
5	Bus Kecil	65	0.11	7.15	1.3	9.295		
6	Bus Besar	49	0.11	5.39	1.5	8.085		
7	Truk 2 Sumbu Kecil	602	0.11	66.22	1.3	86.086		
8	Truk 2 Sumbu Besar	318	0.11	34.98	1.3	45.474		
9	Truk 3 Sumbu	66	0.11	7.26	2.5	18.15		
10	Truk Gandengan	19	0.11	2.09	2.5	5.225		
11	Truk Semi Trailer	23	0.11	2.53	2.5	6.325		
Jumlah				3732		2151		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan DS dari mulai awal umur rencana hingga akhir umur rencana yaitu pada tahun 2017-2037 :

Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan DS

Tahun (x)	DS
2017	0.438
2018	0.462
2019	0.487
2020	0.396
2021	0.415
2022	0.433
2023	0.452
2024	0.471
2025	0.490
2026	0.508
2027	0.527
2028	0.546
2029	0.565
2030	0.584
2031	0.603
2032	0.621
2033	0.640
2034	0.659
2035	0.678
2036	0.696
2037	0.715

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai derajat kejenuhan (DS) selama umur rencana berada pada nilai $\leq 0,75$, maka dapat disimpulkan bahwa ruas jalan Pacitan –

Bts. Kab. Ponorogo KM Sby. 260+700 – KM Sby. 261+400 selama umur perencanaan peningkatan jalan tidak membutuhkan pelebaran.

5.2 Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan jalan raya perlu dipertimbangkan juga mengenai aspek kenyamanan untuk pengguna jalan, untuk itu perlu dilakukan kontrol geometrik jalan yang akan direncanakan.

5.2.1 Kontrol Alinyemen

Untuk melakukan kontrol geometrik diperlukan rencana jari-jari lengkung minimum, dengan menggunakan *Pers. 2.5* sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{(V_R)^2}{127(e_{max} + f_{max})} \dots\dots\dots (Pers. 2.5)$$

$$R_{min} = \frac{(30)^2}{127(0,1+0,15)} = 28,346 \text{ m}$$

5.2.1.1 Alinyemen Horizontal

Untuk kontrol alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu. Dari data yang ada pada ruas jalan Pacitan-Bts. Kab. Ponorogo KM Sby. 260+700 – KM Sby. 264+100 terdapat tikungan sebagai berikut :

1. Full Circle

Perhitungan STA 0+487.05 dengan data sebagai berikut :

$$V_R = 30 \text{ Km/Jam}$$

$$R = 250 \text{ m}$$

$$\Delta = 7,899^\circ$$

Menentukan nilai Tc

Nilai Tc dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_c = R_c \cdot \text{tg} \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.6.1})$$

$$T_c = 250 \text{ m} \times \text{tg} \left(\frac{1}{2} \cdot 7.8992^\circ \right)$$

$$T_c = 17.261 \text{ m}$$

Menentukan nilai Ec

Nilai Ec dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E_c = T_c \cdot \text{tg} \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.6.2})$$

$$E_c = 17.261 \text{ m} \cdot \text{tg} \frac{1}{4} 7.8992$$

$$E_c = 0.595 \text{ m}$$

Menentukan nilai Lc

Nilai Lc dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$L_c = \left(\frac{\Delta \pi}{360} \right) \times 2 \cdot R_c \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.6.3})$$

$$L_c = \left(\frac{7.8992 \times \pi}{360} \right) \times 2 \times 250 \text{ m}$$

$$L_c = 34.467 \text{ m}$$

Kontrol

Lengkung Full Circle dapat dikontrol dengan :

$$L_c < 2 T_c$$

$$34.467 \text{ m} < 2 \times 17.261 \text{ m}$$

$$34.467 \text{ m} < 34.522 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

2. Spiral – Spiral

Perhitungan pada STA 0+076.96 dengan data sebagai berikut :

$$V_R = 30 \text{ Km/Jam}$$

$$R = 45 \text{ m}$$

$$\Delta = 19.945^\circ$$

Menentukan θ_s

Nilai θ_s dapat dihitung dengan persamaan :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.8.1})$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \cdot 19,945^\circ$$

$$\theta_s = 9,973^\circ$$

Menentukan nilai L_s

Nilai L_s dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$L_s = \frac{2\pi}{360} \times 2 \cdot \theta_s \cdot R \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.8.2})$$

$$L_s = \frac{2\pi}{360} \times 2 \times 9,973 \times 45$$

$$L_s = 15,655 \text{ m}$$

Menentukan nilai P dan K

Nilai P dan K dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.8.4}) \\ &= \frac{15,655^2}{6 \times 45} - 45(1 - \cos 9,973) \end{aligned}$$

$$= 0,2289$$

$$K = Ls \frac{Ls^2}{40 Rc} - R \sin \theta s \dots\dots\dots(Pers. 2.8.3)$$

$$= 15,655 - \frac{15,655^2}{40 \times 45} - 45 \sin 9,973$$

$$= 7,736$$

Menentukan nilai Ts

Nilai Ts dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Ts = (R+P) \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots\dots\dots(Pers. 2.8.5)$$

$$Ts = (45 + 0,2289) \tan 9,973 + 7,736$$

$$= 15,6885$$

Menentukan Nilai Es

Nilai Es dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Es = (R+P) \sec \left(\frac{1}{2} \Delta \right) - R \dots\dots\dots(Pers. 2.8.6)$$

$$Es = (45 + 0,2289) \sec 9,973 - 45$$

$$Es = 0,9228$$

Kontrol

Lengkung Spiral – Spiral dapat di control menggunakan persamaan :

$$2 Ls < 2 Ts$$

$$2 \times 15,655 < 2 \times 15,6885$$

$$31,33 < 31,3769 \dots\dots\dots (OK)$$

3. Spiral – Circle – Spiral

Perhitungan lengkung Spiral – Circle – Spiral pada STA 0+231,92 dengan data sebagai berikut :

$$V_R = 30 \text{ Km/Jam}$$

$$R_c = 175 \text{ m}$$

$$\Delta = -17,737^\circ$$

$$L_s = 34 \text{ m}$$

Menentukan nilai X_s dan Y_s

Nilai X_s dan Y_s dapat dihitung dengan persamaan :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} \right) \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.7.9})$$

$$= 34 \times \left(1 - \frac{34^2}{40 \cdot 175^2} \right)$$

$$= 33,968$$

$$Y_s = \left(\frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \right) \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.7.10})$$

$$= \left(\frac{37^2}{6 \times 175} \right)$$

$$= 1,101$$

Menentukan θ_s

Nilai θ_s dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.7.1})$$

$$= \frac{90 \times 34}{\pi \times 175}$$

$$= 5,566$$

Menentukan nilai P

Nilai P dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{Ls^2}{6.Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots(Pers. 2.7.4) \\
 &= \frac{34^2}{6 \times 175} - 175 (1 - \cos 5,566) \\
 &= 0,276
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai K

Nilai K dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 K &= Ls - \frac{Ls^2}{40.Rc} - Rc \sin \theta_s \dots\dots(Pers. 2.7.5) \\
 &= 34 - \frac{34^2}{40 \times 175} - 175 \sin 5,566 \\
 &= 16,86
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai Ts

Nilai Ts dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 Ts &= (+P) \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots\dots\dots(Pers. 2.7.8) \\
 &= (175 + 0,276) \tan \frac{1}{2} 17,7 + 16,86 \\
 &= 44,21
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai Es

$$\begin{aligned}
 Es &= (R+P) \sec \left(\frac{1}{2} \Delta \right) - R \dots\dots\dots(Pers. 2.7.6) \\
 &= (175+0,276) \sec \frac{1}{2} 17,7 - 175 \\
 &= 2,397
 \end{aligned}$$

Menentukan nilai Lc

Nilai Lc dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$Lc = \frac{\Delta - 2\theta_s}{180} \times \pi Rc \dots\dots\dots(Pers. 2.7.11)$$

$$= \frac{17,7 - 2 \times 5,566}{180} \times \pi \times 175$$

$$= 20,18$$

Menentukan nilai Ltot

Nilai Ltot dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$L_{tot} = L_c + 2L_s$$

$$= 20,18 + (2 \times 34)$$

$$= 88,18$$

Kontrol

Lengkung Spiral – Circle – Spiral dapat dikontrol dengan syarat :

$$L_{tot} < 2 T_s$$

$$88,18 < 2 \times 44,21$$

$$88,18 < 88,42 \dots \dots \dots (OK)$$

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Horizontal

No	STA	Δ	R	Vren	Rmin	Tc	Ec	Lc	θ_s	θ_c	Ls	P	k	TS	Es	Ltot	keterangan		
																	type	R min	Kontrol
1	0+016.12	-6.513	250	30	28.35	14.22	0.404	28.4	-	-	-	-	-	-	-	28.403	f-c	OK	OK!!!
2	0+076.96	19.945	45	30	28.35	-	-	-	9.973	-	15.665	0.229	7.736	15.688	0.923	31.33	s-s	OK	OK!!!
3	0+165.74	17.834	50	30	28.35	-	-	-	8.917	-	15.563	0.203	7.692	15.569	0.817	31.126	s-s	OK	OK!!!
4	0+231.92	- 17.737	175	30	28.35	-	-	20.18	5.566	28.869	34.000	0.276	16.86	44.211	2.397	54.175	s-c- s	OK	OK!!!
5	0+357.89	2.413	1100	30	28.35	-	-	20.32	0.677	1.059	26.000	0.026	12.98	36.150	0.269	72.322	s-c- s	OK	OK!!!
6	0+425.30	21.473	80	30	28.35	-	-	-	10.737	-	29.982	0.472	14.8	30.057	1.906	59.965	s-s	OK	OK!!!
7	0+487.05	7.899	250	30	28.35	17.26	0.595	34.47	-	-	-	-	-	-	-	34.467	f-c	OK	OK!!!
8	0+526.15	-2.502	500	30	28.35	10.92	0.119	21.84	-	-	-	-	-	-	-	21.836	f-c	OK	OK!!!
9	0+738.01	- 23.863	230	30	28.35	-	-	30.79	8.096	40.055	65.000	0.769	32.15	80.911	5.865	160.79	s-c- s	OK	OK!!!
10	0+867.78	-3.737	1200	30	28.35	39.14	0.638	78.26	-	-	-	-	-	-	-	78.261	f-c	OK	OK!!!
11	0+929.29	9.755	110	30	28.35	-	-	-	4.878	-	18.729	0.133	9.296	18.694	0.533	37.458	s-s	OK	OK!!!
12	0+984.24	32.927	60	30	28.35	-	-	-	16.464	-	34.481	0.843	16.98	34.962	3.444	68.963	s-s	OK	OK!!!

13	1+101.01	- 35.750	80	30	28.35	-	-	23.92	9.311	54.371	26.000	0.354	12.85	38.761	4.43	49.917	s-c-s	OK	OK!!!
14	1+161.20	23.646	55	30	28.35	-	-	-	11.823	-	22.698	0.394	11.2	22.791	1.595	45.396	s-s	OK	OK!!!
15	1+226.84	- 27.153	110	30	28.35	-	-	22.13	7.813	42.779	30.000	0.342	14.84	41.489	3.514	52.130	s-c-s	OK	OK!!!
16	1+315.73	16.668	85	30	28.35	-	-	-	8.334	-	24.728	0.301	12.23	24.724	1.212	49.456	s-s	OK	OK!!!
17	1+399.81	13.713	100	30	28.35	-	-	-	6.856	-	23.933	0.24	11.85	23.905	0.962	47.867	s-s	OK	OK!!!
18	1+442.05	16.713	60	30	28.35	-	-	-	8.357	-	17.502	0.214	8.654	17.500	0.86	35.004	s-s	OK	OK!!!
19	1+560.05	36.047	50	30	28.35	-	-	-	18.024	-	31.457	0.845	15.49	32.036	3.469	62.914	s-s	OK	OK!!!
20	1+600.54	7.127	70	30	28.35	-	-	-	3.563	-	8.707	0.045	4.329	8.691	0.181	17.414	s-s	OK	OK!!!
21	1+652.88	34.858	50	30	28.35	-	-	-	17.429	-	30.420	0.789	14.98	30.925	3.233	60.839	s-s	OK	OK!!!
22	1+703.39	12.689	80	30	28.35	-	-	-	6.345	-	17.717	0.164	8.779	17.692	0.658	35.435	s-s	OK	OK!!!
23	1+777.96	12.051	90	30	28.35	-	-	-	6.025	-	18.929	0.166	9.382	18.899	0.667	37.858	s-s	OK	OK!!!
24	1+821.56	42.808	28	20	12.6	-	-	-	21.404	-	20.920	0.674	10.31	21.550	2.798	41.84	s-s	OK	OK!!!
25	1+911.77	71.598	55	30	28.35	-	-	23.73	23.439	24.719	45.000	1.598	22.2	63.020	14.78	68.729	s-c-s	OK	OK!!!
26	2+053.40	58.175	17	30	12.6	-	-	-	29.088	-	17.261	0.777	8.558	18.448	3.343	34.522	s-s	OK	OK!!!
27	2+136.98	- 22.289	210	30	28.35	-	-	31.69	6.821	35.931	50.000	0.498	24.76	66.229	4.543	81.693	s-c-s	OK	OK!!!
28	2+219.53	12.959	60	30	28.35	-	-	-	6.479	-	13.571	0.128	6.723	13.552	0.515	27.141	s-s	OK	OK!!!
29	2+291.40	47.976	16	20	12.6	-	-	-	23.988	-	13.397	0.488	6.612	13.949	2.046	26.795	s-s	OK	OK!!!

30	2+355.92	34.351	25	20	12.6	-	-	-	17.175		14.988	0.383	7.381	15.227	1.568	29.977	s-s	OK	OK!!!
31	2+391.26	-2.179	1000	30	28.35	19.02	0.181	38.03	1.089		-	-	-	-	-	38.029	f-c	OK	OK!!!
32	2+487.42	-2.374	1000	30	28.35	20.72	0.215	41.43	1.187		-	-	-	-	-	41.432	f-c	OK	OK!!!
33	2+521.84	2.241	700	30	28.35	13.69	0.134	27.38	1.121		-	-	-	-	-	27.384	f-c	OK	OK!!!
34	2+537.61	10.617	40	30	28.35	-	-	-	5.308		7.412	0.057	3.677	7.399	0.23	14.824	s-s	OK	OK!!!
35	2+633.24	27.636	65	30	28.35	-	-	-	13.818		31.352	0.639	15.45	31.594	2.596	62.704	s-s	OK	OK!!!
36	2+696.60	32.950	32.95	30	28.35	-	-	-	55.000		31.630	0.774	15.58	32.072	3.161	63.26	s-s	OK	OK!!!
37	2+759.51	57.497	28	20	12.6	-	-	-	28.748		28.098	1.248	13.93	29.971	5.36	56.197	s-s	OK	OK!!!
38	2+814.67	-5.934	550	30	28.35	28.51	0.738	56.96	2.967		-	-	-	-	-	56.964	f-c	OK	OK!!!
39	2+956.08	33.609	32	20	12.6	-	-	-	16.805		18.771	0.469	9.244	19.050	1.917	37.542	s-s	OK	OK!!!
40	3+084.03	37.791	100	30	28.35	-	-	30.96	10.027	57.845	35.000	0.514	17.28	51.688	6.24	100.96	s-c-s	OK	OK!!!
41	3+163.04	22.838	70	30	28.35	-	-	-	11.419		27.902	0.468	13.77	27.998	1.891	55.804	s-s	OK	OK!!!
42	3+467.64	21.201	125	30	28.35	-	-	22.25	5.500	10.200	24.000	0.192	11.9	35.334	2.366	70.254	s-c-s	OK	OK!!!

Sumber : Hasil Pengolahan Data

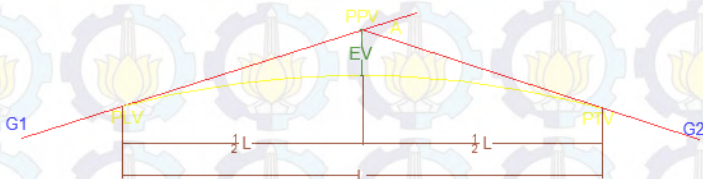
5.2.1.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui garis semu perpanjangan. Kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika tanjakan dan bernilai negative (-) jika turunan.

Dari data yang ada pada ruas jalan Pacitan – Bts. Kab Ponorogo KM Sby. 260+700 – KM Sby. 264.100 terdapat beberapa lengkung sebagai berikut :

1. Perhitungan Lengkung Vertikal Cembung STA 0+163.864

Kecepatan rencana (V)	= 30 km/jam
Jarak pandang henti (S)	= 27 m (tabel)
Jarak pandang mendahului (S)	= 150 m (tabel)
G1	= 0,333 %
G2	= 0,337 %
L lapangan	= 20 m
Perbedaan Aljabar % (A)	= $G2 - G1$
	= $-0.337 - 0.333$
	= -0.709 (cembung)



Gambar 5.1 Sketsa Lengkung Vertikal Cembung STA

Menentukan nilai L

1. Berdasarkan Jarak Henti

$$S > L$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(Pers. 2.9.3)$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times 27 - \frac{399}{0,709} \\ &= -508,764 \text{ m (sesuai)} \end{aligned}$$

$$S < L$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{399} \dots\dots\dots(Pers. 2.9.4) \\ &= \frac{0,709 \times 27^2}{399} \\ &= 1.2954 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

$$S > L$$

$$L = 2S - \frac{960}{A} \dots\dots\dots(Pers. 2.9.1)$$

$$\begin{aligned} &= 2 \times 150 - \frac{960}{0,709} \\ &= -1054,020 \text{ m (sesuai)} \end{aligned}$$

$$S < L$$

$$L = \frac{AS^2}{960} \dots\dots\dots(Pers. 2.9.2)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,709 \times 150^2}{960} \\ &= 16,617 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Berdasarkan Keluwesan

$$\begin{aligned}
 L &= 0,6 \times V \dots\dots\dots(Pers. 2.12) \\
 &= 0,6 \times 30 \\
 &= 18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Berdasarkan Ketentuan Drainase

$$\begin{aligned}
 L &= 40 \times A \dots\dots\dots(Pers. 2.13) \\
 &= 40 \times 0,709 \\
 &= 28,36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan EV (Pergeseran Vertikal)

Maka, L yang diambil adalah L lapangan

$$\begin{aligned}
 EV &= \frac{A \times L}{800} \\
 &= \frac{0,709 \times 20}{800} \\
 &= 0,018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan Elevasi dan STA PLV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - 1/2 \times L \times g1 \\
 &= 54.010 - 10 \times \left(\frac{0.333}{100} \right) \\
 &= 53,9767
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA PLV} &= \text{STA PPV rencana} - \frac{1}{2} L \\
 &= 0+042.144 - 10 \\
 &= 0+032.144
 \end{aligned}$$

Elevasi $\frac{1}{4} L$

$$\begin{aligned}
 y' &= \frac{A}{200 \times L} X^2 \\
 &= \frac{0,709}{200 \times 20} 5^2 \\
 &= 0,0044
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi PPV rencana} + g_1(1/4L) - y' \\
 &= 54,010 + 0,333/100 (5) - 0,0044 \\
 &= 54,022
 \end{aligned}$$

Elevasi PPV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi rencana} - E_v \\
 &= 54,010 - 0,018 \\
 &= 53,992
 \end{aligned}$$

Elevasi $\frac{3}{4} L$

$$\begin{aligned}
 y' &= \frac{A}{200 \times L} X^2 \\
 &= \frac{0,709}{200 \times 20} 15^2 \\
 &= 0,0399
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi PPV rencana} + g_2(1/4L) - y' \\
 &= 54,010 + 0,376/100(5) - 0,0399 \\
 &= 53,951
 \end{aligned}$$

Elevasi dan STA PTV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PTV} &= \text{elevasi PPV rencana} + \frac{1}{2} L \times g_2 \\
 &= 54,010 + 10 \times (-0,376)/100 \\
 &= 53,972
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= \text{STA PPV} + \frac{1}{2} L \\
 &= 0+042.144 + 10 \\
 &= 0+052.144
 \end{aligned}$$

Elevasi dan STA PTV

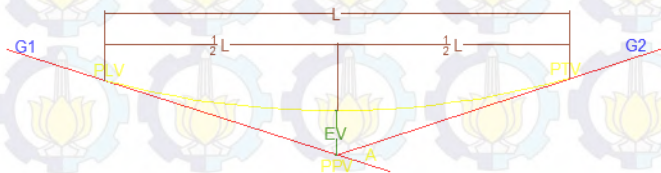
$$\text{Elevasi PTV} = \text{elevasi PPV rencana} + \frac{1}{2} L \times g_2$$

$$\begin{aligned}
 &= 54,010 + 14.18 \times (-0,376)/100 \\
 &= 53,956
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= \text{STA PPV} + \frac{1}{2} L \\
 &= 0+042.144 + 14.18 \\
 &= 0+056.324
 \end{aligned}$$

Perhitungan Lengkung Vertikal Cekung STA 0+015.648

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan rencana (V)} &= 30 \text{ km/jam} \\
 \text{Jarak pandang henti (S)} &= 27 \text{ m (tabel)} \\
 \text{Jarak pandang mendahului (S)} &= 150 \text{ m (tabel)} \\
 G1 &= -1,74 \% \\
 G2 &= 0,333 \% \\
 L \text{ lapangan} &= 30 \text{ m} \\
 \text{Perbedaan Aljabar \% (A)} &= G2 - G1 \\
 &= 0.333 - (-1,74) \\
 &= 2,073(\text{cekung})
 \end{aligned}$$



Gambar 5.2 Sketsa Lengkung Vertikal Cekung STA

- a. Berdasarkan Jarak Pandang Henti
 $S > L$

$$\begin{aligned}
 L &= 2S - \frac{150 + (3,5S)}{A} \dots\dots(\text{Pers. 2.10.1}) \\
 &= 2 \times 27 - \frac{150 + (3,5 \times 27)}{2,073} \\
 &= -63,945 \text{ m (sesuai)}
 \end{aligned}$$

$$S < L$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{150+(3,5S)} \dots\dots\dots(Pers. 2.10.2) \\ &= \frac{2,073 \times 27^2}{150+(3,5 \times 27)} \\ &= 6,181 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Berdasarkan Jarak Pandang Menyiap

$$S > L$$

$$\begin{aligned} L &= 2S - \frac{150+(3,5S)}{A} \dots\dots(Pers. 2.10.1) \\ &= 2 \times 150 - \frac{150+(3,5 \times 150)}{2,073} \\ &= -25,615 \text{ m (sesuai)} \end{aligned}$$

$$S < L$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{150+(3,5S)} \dots\dots\dots(Pers. 2.10.2) \\ &= \frac{2,073 \times 150^2}{150+(3,5 \times 150)} \\ &= 69,1 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Berdasarkan Kenyamanan Pengemudi

$$\begin{aligned} L &= \frac{A \times V^2}{389} \dots\dots\dots(Pers. 2.11) \\ &= \frac{2,073 \times 30^2}{389} \\ &= 4,796 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Berdasarkan Keluwesan

$$\begin{aligned} L &= 0,6 \times V \dots\dots\dots(Pers. 2.12) \\ &= 0,6 \times 30 \end{aligned}$$

$$= 18 \text{ m}$$

e. Berdasarkan Ketentuan Drainase

$$\begin{aligned} L &= 40 \times A \dots\dots\dots(Pers. 2.13) \\ &= 40 \times 2,073 \\ &= 82,92 \text{ m} \end{aligned}$$

Mencari nilai EV

Maka, L yang diambil adalah L yang terpanjang

$$\begin{aligned} EV &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{2,073 \times 82,92}{800} \\ &= 0,214 \end{aligned}$$

Mencari Elevasi dan STA PLV

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{elevasi PPV} - \frac{1}{2} L \times g1 \\ &= 53,922 - 41,46 \times (-1,74)/100 \\ &= 54,643 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STA PLV} &= \text{STA PPV renc.} - \frac{1}{2} L \\ &= 0+015.648 - 41,46 \\ &= 0-025.812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi } \frac{1}{4} L \\ y' &= \frac{A}{200 \times L} X^2 \\ &= \frac{2,073}{200 \times 82,92} 20,73^2 \\ &= 0,0537 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi} &= \text{elevasi renc. PPV} + g1 \times (1/4 L) - y' \\ &= 53,922 + (-1,74)/100 \times 20,73 - 0,0537 \\ &= 53,507 \end{aligned}$$

Mencari Elevasi PPV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi renc.} - \text{Ev} \\
 &= 53,922 - 0,214 \\
 &= 53,708
 \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi } \frac{3}{4} L$$

$$\begin{aligned}
 y' &= \frac{A}{200 \times L} X^2 \\
 &= \frac{2,073}{200 \times 82.92} 62.19^2 \\
 &= 0,483
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{elevasi renc. PPV} + g_2 \times (1/4 L) - y' \\
 &= 53,922 + 0,333/100 \times 20.73 - 0,483 \\
 &= 53,508
 \end{aligned}$$

Mencari Elevasi dan STA PTV

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi renc. PPV} + \frac{1}{2} L \times g_2 \\
 &= 53,922 + 41.46 \times (0,333/100) \\
 &= 54.060
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= \text{STA PPV} + \frac{1}{2} L \\
 &= 0+015.648 + 41.46 \\
 &= 0+057.108
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Perhitungan Vertikal

STA PPV Rencana	G1	G2	A	Tipe Alinyemen Vertikal	L lapangan	S Jarak Pandang Henti	S Jarak Pandang Menyiap	Jarak Pandang Henti		Jarak Pandang Menyiap		Keluwesan	Kenyamanan	Drainase	Kontrol Jarak Pandang Menyiap	Kontrol Jarak Pandang Henti	Kontrol Keluwesan	Kontrol Kenyamanan
								S>L	S<L	S>L	S<L							
15.648	1.740	0.333	2.073	Cekung	30	27	150	-63.945	6.181	-25.615	69.100	18	4.796	82.920	OK	OK	OK	OK
93.277	0.376	0.550	0.926	Cekung	30	27	150	210.039	2.761	-428.942	30.867	18	2.142	37.040	OK	OK	OK	OK
281.445	0.983	0.533	0.450	Cekung	60	27	150	489.333	1.342	1200.000	15.000	18	1.041	18.000	OK	OK	OK	OK
378.847	0.533	0.572	1.105	Cekung	50	27	150	167.267	3.295	-310.860	36.833	18	2.557	44.200	OK	OK	OK	OK
500.466	1.546	0.609	0.937	Cekung	30	27	150	206.939	2.794	-420.384	31.233	18	2.168	37.480	OK	OK	OK	OK
685.710	1.896	0.787	2.683	Cekung	20	27	150	-37.129	8.000	48.416	89.433	18	6.207	107.320	Not OK	OK	OK	OK
886.094	0.293	1.431	1.724	Cekung	20	27	150	-87.821	5.140	-91.531	57.467	18	3.989	68.960	OK	OK	OK	OK
936.649	1.630	0.657	2.287	Cekung	20	27	150	-52.909	6.819	4.854	76.233	18	5.291	91.480	OK	OK	OK	OK
1105.100	0.936	1.086	2.022	Cekung	70	27	150	-66.920	6.029	-33.828	67.400	18	4.678	80.880	OK	OK	OK	OK
1269.178	0.842	1.660	2.502	Cekung	60	27	150	-43.722	7.460	30.216	83.400	18	5.789	100.080	OK	OK	OK	OK
1523.023	2.194	0.252	1.942	Cekung	50	27	150	-71.901	5.790	-47.580	64.733	18	4.493	77.680	OK	OK	OK	OK
1839.463	0.014	1.544	1.558	Cekung	50	27	150	102.932	4.645	-133.248	51.933	18	3.605	62.320	OK	OK	OK	OK
2006.137	1.014	3.465	2.451	Cekung	60	27	150	-45.755	7.308	24.602	81.700	18	5.671	98.040	OK	OK	OK	OK
2257.092	6.558	2.859	3.699	Cekung	40	27	150	-12.099	11.029	117.518	123.300	18	8.558	147.960	Not OK	OK	OK	OK
2343.745	2.859	1.053	3.912	Cekung	30	27	150	-8.500	11.664	127.454	130.400	18	9.051	156.480	Not OK	OK	OK	OK
2549.853	0.066	1.831	1.897	Cekung	50	27	150	-74.888	5.656	-55.825	63.233	18	4.389	75.880	OK	OK	OK	OK
2785.244	2.439	0.541	1.898	Cekung	30	27	150	-74.820	5.659	-55.638	63.267	18	4.391	75.920	OK	OK	OK	OK
2961.113	1.972	0.607	2.579	Cekung	80	27	150	-40.804	7.690	38.271	85.967	18	5.967	103.160	OK	OK	OK	OK
3100.074	0.607	1.578	0.971	Cekung	30	27	150	197.802	2.895	-395.160	32.367	18	2.247	38.840	OK	OK	OK	OK
3200.409	2.587	0.157	2.430	Cekung	30	27	150	-46.617	7.245	22.222	81.000	18	5.622	97.200	OK	OK	OK	OK
3390.957	0.157	2.165	2.322	Cekung	30	27	150	-51.297	6.923	9.302	77.400	18	5.372	92.880	OK	OK	OK	OK
3446.829	2.165	6.729	4.564	Cekung	20	27	150	0.429	13.608	152.103	152.133	18	10.559	182.560	Not OK	OK	OK	OK
42.144	0.333	-	-	Cembung	20	27	150	-	1.295	-	16.617	18	1.640	28.360	OK	OK	OK	OK

		0.376	0.709					508.764		1054.020								
163.846	0.550	-	-	Cembung	50	27	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446.173	0.572	1.546	2.118	Cembung	20	27	150	134.385	3.870	-153.258	49.641	18	4.900	84.720	OK	OK	OK	OK
636.429	0.609	1.896	1.287	Cembung	20	27	150	256.023	2.351	-445.921	30.164	18	2.978	51.480	OK	OK	OK	OK
717.548	0.787	0.499	1.286	Cembung	20	27	150	256.264	2.350	-446.501	30.141	18	2.975	51.440	OK	OK	OK	OK
910.245	1.431	1.630	3.061	Cembung	25	27	150	-76.350	5.593	-13.623	71.742	18	7.082	122.440	OK	OK	OK	OK
1007.186	0.657	0.936	1.593	Cembung	70	27	150	196.471	2.911	-302.637	37.336	18	3.686	63.720	OK	OK	OK	OK
1182.210	1.086	0.842	1.928	Cembung	30	27	150	152.950	3.523	-197.925	45.188	18	4.461	77.120	OK	OK	OK	OK
1316.593	1.660	0.637	1.023	Cembung	30	27	150	336.029	1.869	-638.416	23.977	18	2.367	40.920	OK	OK	OK	OK
1396.157	0.637	2.194	2.831	Cembung	30	27	150	-86.940	5.172	-39.103	66.352	18	6.550	113.240	OK	OK	OK	OK
1920.985	1.544	1.014	0.530	Cembung	50	27	150	698.830	0.968	1511.321	12.422	18	1.226	21.200	OK	OK	OK	OK
2061.422	3.465	0.308	3.773	Cembung	20	27	150	-51.751	6.894	45.561	2.865	18	8.729	150.920	Not OK	OK	OK	OK
2159.357	0.308	3.516	3.208	Cembung	20	27	150	-70.377	5.861	0.748	75.188	18	7.422	128.320	OK	OK	OK	OK
2212.952	3.516	6.558	3.042	Cembung	20	27	150	-77.164	5.558	-15.582	71.297	18	7.038	121.680	OK	OK	OK	OK
2382.984	1.053	0.066	1.119	Cembung	20	27	150	302.568	2.044	-557.909	26.227	18	2.589	44.760	OK	OK	OK	OK
2613.907	1.831	0.191	1.640	Cembung	40	27	150	189.293	2.996	-285.366	38.438	18	3.794	65.600	OK	OK	OK	OK
2744.560	0.191	2.439	2.630	Cembung	30	27	150	-97.711	4.805	-65.019	61.641	18	6.085	105.200	OK	OK	OK	OK
2878.880	0.541	1.972	1.431	Cembung	50	27	150	224.826	2.615	-370.860	33.539	18	3.311	57.240	OK	OK	OK	OK
3145.208	1.578	2.587	4.165	Cembung	50	27	150	-41.798	7.610	69.508	97.617	18	9.636	166.600	Not OK	OK	OK	OK

Sumber: Hasil Pengolahan Data

5.2.1.3 Evaluasi Alinyemen Horizontal dan Alinyemen Vertikal

a. Alinyemen Horizontal

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas diketahui bahwa untuk aspek yang dikontrol sudah memenuhi syarat sehingga dapat disimpulkan bahwa alinyemen horizontal pada segmen jalan tersebut sudah baik.

b. Alinyemen Vertikal

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas terdapat hasil kontrol alinyemen vertikal yang tidak memenuhi dikarenakan $L \text{ lapangan} < L \text{ hitungan}$. STA yang tidak memenuhi adalah STA 0+685.710, STA 2+061.422, STA 2+257.092, STA 2+343.745, STA 3+145.208, dan STA 3+446.829. Karena kontrol yang tidak memenuhi adalah Kontrol L dari persyaratan jarak pandang menyiap maka kami memberikan saran pada STA yang tersebut diatas harus dipasang rambu dilarang mendahului dan marka jalan dibuat garis lurus untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.



Gambar 5. 3 Rambu Dilarang

Sumber : Doumentasi Penulis

5.3 Perencanaan Perkerasan

5.3.1 Analisa Lalu Lintas

5.3.1.1 Pertumbuhan Kendaraan

Pertumbuhan kendaraan rata-rata tiap jenis kendaraan bergantung pada pertambahan volume kendaraan jenis tersebut setiap tahun nya. Rata-rata pertumbuhan tiap jenis kendaraan tersebut disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5.13 Pertumbuhan rata-rata kendaraan

No	Jenis Kendaraan	i(%)
1	Bus Kecil	3,169
2	Bus Besar	2,629
3	Truk 2 Sumbu Kecil	2,992
4	Truk 2 Sumbu Besar	2,647
5	Truk 3 Sumbu	3,102
6	Truk Gandengan	3,952
7	Truk Semi Trailer	3,005
Pertumbuhan kendaraan rata rata		3,071

Sumber : Hasil Pengolahan Data

5.3.1.2 Perhitungan Muatan Maksimum Kendaraan

Dari nilai i diatas yang merupakan jumlah pertumbuhan kendaraan rata rata akan digunakan untuk mencari faktor pertumbuhan komulatif (R) yang selanjutnya nilai R tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN). Pada perkerasan kaku beban yang diperhitungkan ialah beban kendaraan niaga yang lebih besar dari 5 ton sehingga beban yang kurang dari

5 ton tidak dihiraukan, oleh karena itu perlu dilakukan pengelompokan kendaraan niaga untuk mengetahui kendaraan yang memiliki beban >5 Ton.

Tabel 5.14 Data Muatan dan Pengelompokan Kendaraan Niaga

No	Jenis Kendaraan	Pengelompokan Dalam Perhitungan	Berat Max. (Kg)
1	Kendaraan Ringan	Mobil Penumpang	2000
2	Bus Besar	Bus	9000
3	Truk 2 As kecil atau Bus Kecil	Truk 2 As kecil	8300
4	Truk 2 As	Truk 2 As	18200
5	Truk 3 As	Truk 3 As	25000
6	Trailler	Trailler	42000
7	Truk Gandeng	Truk Gandeng	31000

Sumber: Dinas PU Bina Marga Propinsi Jawa Timur

Tabel 5.15 Pembagian Sumbu . As (berdasarkan pengukuran beban)

No.	Jenis Kendaraan	Bebas As	Jenis As
1.	Mobil penumpang 2 ton	1	STRT
		1	STRT
2.	Bus 9 ton	3,06	STRT
		5,94	STRG
3.	Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau Bus kecil 8,3 ton	2,82	STRT
		5,48	STRG

4.	Truk 2 As 18,2 ton	6,19	STRT
		12,01	STRG
5.	Truk 3 As 25 ton	6,25	STRT
		18,75	STdRG
6.	Trailler 42 ton	7,56	STRT
		11,76	STRG
		22,68	STdRG
7.	Truk gandeng 31 ton	5,02	STRT
		11,30	STRG
		7,54	STRG
		7,54	STRG

Sumber: Dinas PU Bina Marga Propinsi Jawa Timur

5.3.1.1 Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan

Dalam survey muatan maksimum kendaraan digunakan untuk mengetahui angka ekuivalen untuk tiap-tiap jenis kendaraan, berikut ini penjelasan perhitungan distribusi beban sumbu pada tiap-tiap jenis kendaraan:

a. Mobil penumpang

Muatan maksimal = 2000 kg = 2 ton.

Total 2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\ &= 1 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\ &= 1 \text{ ton}\end{aligned}$$

b. Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau bus kecil

Muatan maksimal = 8300 kg = 8,3 ton.

Total 8,3 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 2,82 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 5,48 \text{ ton}\end{aligned}$$

c. Bus besar

Muatan maksimal = 9000 kg = 9 ton.

Total 9 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 9 \text{ ton} \\ &= 3,06 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 9 \text{ ton} \\ &= 5,94 \text{ ton}\end{aligned}$$

d. Truk 2 As

Muatan maksimal = 18200 kg = 18,2 ton.

Total 18,2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 6,19 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 12,01 \text{ ton}\end{aligned}$$

e. Truk 3 As

Muatan maksimal = 25000 kg = 25 ton.

Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



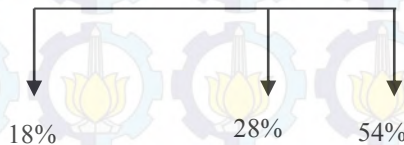
$$\text{Beban sumbu depan (STRT)} = 25\% \times 25 \text{ ton} = 6,25 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 75\% \times 25 \text{ ton} \\ &= 18,75 \text{ ton}\end{aligned}$$

f. Truk trailer

Muatan maksimal = 42000 kg = 42 ton.

Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 18\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 7,56 \text{ ton}\end{aligned}$$

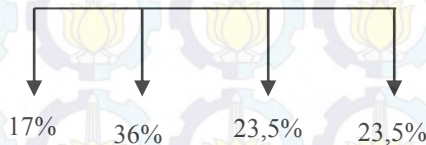
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 28\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 11,76 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 54\% \times 42 \text{ ton} \\ &= 22,68 \text{ ton}\end{aligned}$$

g. Truk gandeng

Muatan maksimal = 31000 kg = 31 ton.

Total 31 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut:



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 17\% \times 31 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,02 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 36\% \times 31 \text{ ton} \\
 &= 11,30 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 23,5\% \times 31 \text{ ton} \\
 &= 7,54 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 23,5\% \times 31 \text{ ton} \\
 &= 7,54 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5.3.1.3 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Dibawah ini merupakan tabel dari jumlah kendaraan yang direncanakan dan konfigurasi sumbu dari masing masing pada tahun awal rencana :

Tabel 5.16 Data Lalu Lintas Rencana Tahun 2017

Jenis Kendaraan	Beban Sumbu	Jumlah (bh)
Bus kecil	3,06 + 5,94	35
Bus besar	4,86 + 9,44	29
Truk 2 as $\frac{3}{4}$	2,82 + 5,48	332
Truk 2 as	6,19 + 12,01	188
Truk 3 as	6,25 + 18,75	36
Trailer	7,56 + 11,76 + 22,68	13
Truk gandeng	5,02 + 11,30 + 7,54 + 7,54	9

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5. 17 Perhitngan Jumlah Sumbu Kendaraan

Jenis kendaraan	konfigurasi beban				jml kend	jml sumbu kendaraan	jumlah sumbu	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS	JS	BS	JS	BS	JS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Bus Kecil	3,06	5,94			35	2	70	3,06	35	5,94	35		
Bus Besar	4,86	9,44			29	2	58	4,86	29	9,44	29		
Truk 2 As Kecil	2,82	5,48			332	2	664	2,82	332				
								5,48					
Truk 2 As	6,19	12,01			188	2	376	6,19	188	12,01	188		
Truk 3 As	6,25	18,75			36	2	72	6,25	36			18,75	36
Trailer	7,56		11,76	22,68	13	3	39	7,56	13	11,7	13	22,68	19
Truk Gandeng	5,02	11,3	7,54	7,54	9	4	36	5,02	9	11,3	9		
										7,54	9		
										7,54	9		
Total							1315						

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Penjelasan tabel diatas :

- Kolom (1) : Jenis-jenis kendaraan yang dihitung dalam Perencanaan tebal perkerasan kaku yaitu kendaraan dengan berat 5ton<
- Kolom (2) s/d kolom (4) : Konfigurasi beban sesuai dengan jenis kendaraan masing masing
- Kolom (6) : Jumlah kendaraan pada awal umur rencana yaitu pada tahun 2018
- Kolom (7) : jumlah sumbu masing-masing kendaraan
- Kolom (8) : jumlah sumbu total masing masing kendaraan dapat dihitung dengan perkalian kolom (6) dan kolom (7)
- Kolom (9) s/d kolom (14) : pengelompokan jenis sumbu dari roda depan dan roda belakang

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) yang dapat dihitung dengan *Pers. 2.14* sebagai berikut :

Diketahui

$$i = 3,071 \%$$

$$UR = 20 \text{ tahun}$$

$$R = \frac{(1+i)^{UR}}{i} \dots\dots\dots(Pers. 2.14)$$

$$R = \frac{(1+0,031)^{20}}{0,031}$$

$$R = 27,064$$

Perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun

JSKN adalah jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana yang telah ditetapkan yaitu 20 tahun, JSKN tersebut dapat dihitung dengan *Pers. 2.14* dibawah ini :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(Pers. 2.14)$$

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana

C = Koefisien distribusi kendaraan

5.3.1.4 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruasjalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Nilai C dapat diperoleh dari tabel dibawah ini.

Tabel 5.18 Jumlah Lajur Berdasar Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25 \text{ m}$	2 jalur	0,7	0,5
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$	3 jalur	0,5	0,475
$11,25 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 jalur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 jalur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 jalur	-	0,4

Sumber : SNI perencanaan perkerasan jalan beton semen

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada tabel.

Tabel 5.19 Faktor Keamanan Beban

No.	Penggunaan	Nilai F _{kb}
1.	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan route alternatifnya maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber : SNI perencanaan perkerasan jalan beton semen

Maka jumlah jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun adalah :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (Pers. 2.15)$$

$$JSKN = 1315 \times 365 \times 27,064 \times 0,5$$

$$JSKN=6495119,363$$

5.3.2 Perhitungan Tebal Perkerasan

Perhitungan repetisi sumbu rencana

Tabel 5.20 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Renc	Repetisi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
STRT	7,56	13	0,01	0,74	6495119,363	48108,3
	6,25	36	0,04	0,74	6495119,363	192433
	6,19	188	0,19	0,74	6495119,363	914058
	5,02	9	0,01	0,74	6495119,363	48108,3
	3,06	35	0,04	0,74	6495119,363	192433
	5,48	332	0,34	0,74	6495119,363	1635683
	4,86	29	0,03	0,74	6495119,363	144325
	2,82	332	0,34	0,74	6495119,363	1635683
Total		974				
STRG	5,94	35	0,12	0,22	6495119,363	173071
	9,44	29	0,10	0,22	6495119,363	144226
	12,01	188	0,64	0,22	6495119,363	923048
	11,7	13	0,04	0,22	6495119,363	57690,5
	11,3	9	0,03	0,22	6495119,363	43267,9
	7,54	9	0,03	0,22	6495119,363	43267,9
	7,54	9	0,03	0,22	6495119,363	43267,9
Total		292				
STdRG	18,75	36	0,73	0,04	6495119,363	176677
	22,68	13	0,227	0,04	6495119,363	65346,3
Total		49				6480697

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Keterangan tabel diatas :

- Kolom (1) : Jenis sumbu kendaraan
- Kolom (2) : sumbu kendaraan yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis sumbu kendaraan (STRT,STRG,STdRG)
- Kolom (4) : (jumlah sumbu salah satu jenis kend)/(jumlah total jenis sumbu tertentu)
Contoh : $13 : 974 = 0,01$
- Kolom (5) : (jumlah total jenis sumbu tertentu) / jumlah sumbu total
Contoh : $974 : (974 + 292 + 49) = 0,74$
- Kolom (6) : jumlah lalu lintas rencana dari nilai jskn
- Kolom (7) : kolom (4) x kolom (5) x kolom (6)
Contoh : $0,01 \times 0,74 \times 6495119,363 = 48108,3$

5.3.3 Analisa CBR

- a. Perkerasan kaku diatas perkerasan lentur

Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen diatas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan jalan baru. Modulus reaksi perkerasan lama (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR. Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm³), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm³) dengan nilai CBR 50%. (*SNI Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen hal.32*).

- b. Nilai CBR lapangan

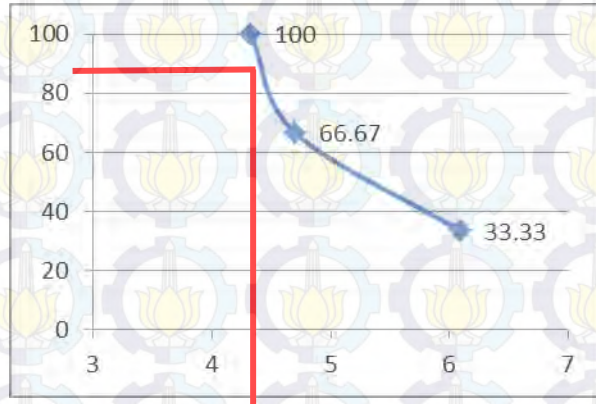
Pada perencanaan peningkatan jalan ini untuk perhitungan tebal pelat beton pada badan jalan digunakan CBR 50%. Sedangkan jika nanti diperlukan pelebaran nilai CBR yang digunakan pada daerah pelebaran adalah nilai CBR lapangan.

Tabel 5. 21 Nilai CBR Lapangan

No	Km	CBR lapangan (%)	Urutan	Presentase CBR (%)
1	258+000	4.70%	4.33	100
2	261+300	6.10%	4.7	66.67
3	263+500	4.33%	6.1	33.33

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari tabel perhitungan CBR diatas dapat digambarkan dalam grafik CBR sebagai berikut:



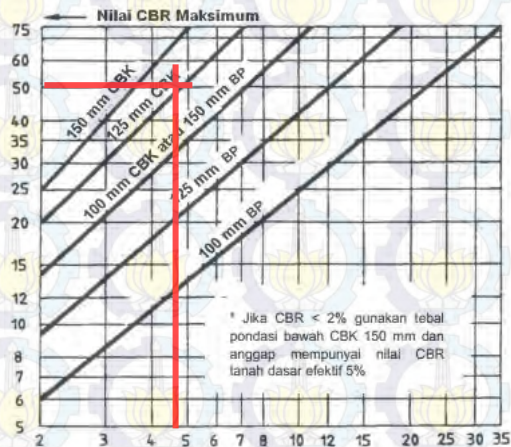
Grafik 5.1 Nilai CBR Lapangan

Dari grafik 5.1 diatas didapat bahwa nilai CBR lapangan adalah 4,45%. Setelah didapatkan nilai CBR tanah dasar. Selanjutnya nilai tersebut diplotkan pada grafik tebal lapis pondasi bawah minimum.



Grafik 5.2 Menentukan tebal pondasi minimum dari nilai repetisi sumbu

Dari grafik diatas dapat ditentukan pondasi bawah yaitu 125 mm BP. Untuk mendapatkan nilai CBR tanah dasar efektif maka dapat digunakan grafik CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah untuk mendapatkan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari perkerasan lentur. Berikut adalah grafik untuk menentukan tebal bawah yang digunakan.



Grafik 5. 3 Nilai CBR efektif untuk menentukan tebal pondasi bawah

Dari grafik diatas didapatkan nilai CBR efektif 50% dengan menggunakan 125 mm CBK. Namun pada perhitungan sebelumnya diketahui bahwa selama umur rencana ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo KM Sby. 260+700 – KM 264+100 tidak membutuhkan pelebaran sehingga untuk CBR tanah efektif yang dipakai asumsi 50 % yang berasal dari perkerasan jalan lama.

5.3.4 Pondasi Bawah

Pondasi bawah yang digunakan pada proyek akhir ini adalah campuran beton kurus (CBK) dengan tebal minimum yaitu 100 mm. Penggunaan cbk ini hanya sebagai lantai kerja.

5.3.5 Beton Semen

Kekuatan beton yang digunakan pada perencanaan jalan pada proyek akhir ini adalah K-400

5.3.6 Umur Rencana

Perencanaan peningkatan jalan menggunakan perkerasan kaku pada proyek akhir ini adalah 20 tahun

5.3.7 Perhitungan Tebal Pelat Beton

Jenis Perkerasan	= Beton Bersambung Dengan
Tulangan	
Jenis bahu	= tanpa bahu beton
Umur rencana	= 20 tahun
JSKN	= 6563348,43
Faktor keamanan	= 1
Kuat tarik lentur beton	= 4,25 mpa
CBR tanah dasar	= 4,45%
CBR efektif	= 50%
Tebal taksiran	= 20 cm

Tabel 5. 22 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Tebal 20 cm

Jenis Sumbu	Beban sumbu		Beban Renc. per roda	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		analisa Erosi	
	Ton	Kn	Kn			repetisi ijin	persen rusak	repetisi ijin	persen rusak
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
STRT	7,56	75,6	37,8	48108,337	TE= 0,95 FRT= 0,22353 FE= 2,19	TT	0	80000000	0,060135421
	6,25	62,5	31,25	192433,346		TT	0	TT	0
	6,19	61,9	30,95	914058,395		TT	0	TT	0
	5,02	50,2	25,1	48108,337		TT	0	TT	0
	3,06	30,6	15,3	192433,346		TT	0	TT	0
	5,48	54,8	27,4	1635683,444		TT	0	TT	0
	4,86	48,6	24,3	144325,010		TT	0	TT	0
	2,82	28,2	14,1	1635683,444		TT	0	TT	0
STRG	5,94	59,4	14,85	173071,470	TE= 1,44	TT	0	TT	0
	9,44	94,4	23,6	144226,225		TT	0	8000000	1,802827808
	12,01	120,1	30,025	923047,838		800000	115,3809797	2200000	41,95671989

	11,7	117	29,25	57690,490	FRT= 0,33882	2000000	2,884524493	2000000	2,884524493
	11,3	113	28,25	43267,867	FE= 2,79	6000000	0,721131123	3000000	1,442262246
	7,54	75,4	18,85	43267,867		TT	0	TT	0
	7,54	75,4	18,85	43267,867		TT	0	TT	0
STdRG	18,75	187,5	23,4375	176677,125	TE= 1,18	TT	0	3000000	5,88
	22,68	226,8	28,35	65346,334	FRT= 0,27765	TT	0	1000000	6,53
					FE= 2,87				
Total							118,9866353		60,4962

Sumber : Hasil Pengolahan Data

KESIMPULAN :

Dari tabel perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai persen rusak dari analisa fatik sebesar 118,986 % dan nilai persen rusak dari analisa erosi sebesar 49,019%. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat karena >100%, maka dilakukan percobaan perhitungan dengan menggunakan tebal 20,5 cm

Penjelasan tabel taksiran perkerasan diatas :

- Kolom (1) : Jenis sumbu kendaraan
- Kolom (2) (3) : sumbu kendaraan yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis sumbu kendaraan (STRT,STRG,STdRG) dalam Ton dan Kn
- Kolom (4) : Beban rencana tiap roda

$$\text{Cara perhitungan : } \frac{\text{beban sumbu(kn)} \times Fkk}{\text{jumlah sumbu}}$$

$$= \frac{75,6 \times 1}{2}$$

$$: 37,8 \text{ kn}$$

- Kolom (5) : Repetisi sumbu masing-masing kendaraan
- Kolom (6) : Faktor tegangan ekivalen dan tegangan erosi, Fe dan Te di kolom diambil langsung dari tabel, dan FRT : *Te/Kuat tarik lentur beton*
- Kolom (7) : Repetisi ijin ini didapat dengan cara menarik garis pada nomogram yang disediakan (Faktor rasio tegangan), beban per roda ditarik pada faktor rasio tegangan dan akhirnya didapat nilai Repetisi ijin (dijelaskan pada gambar 5.3)

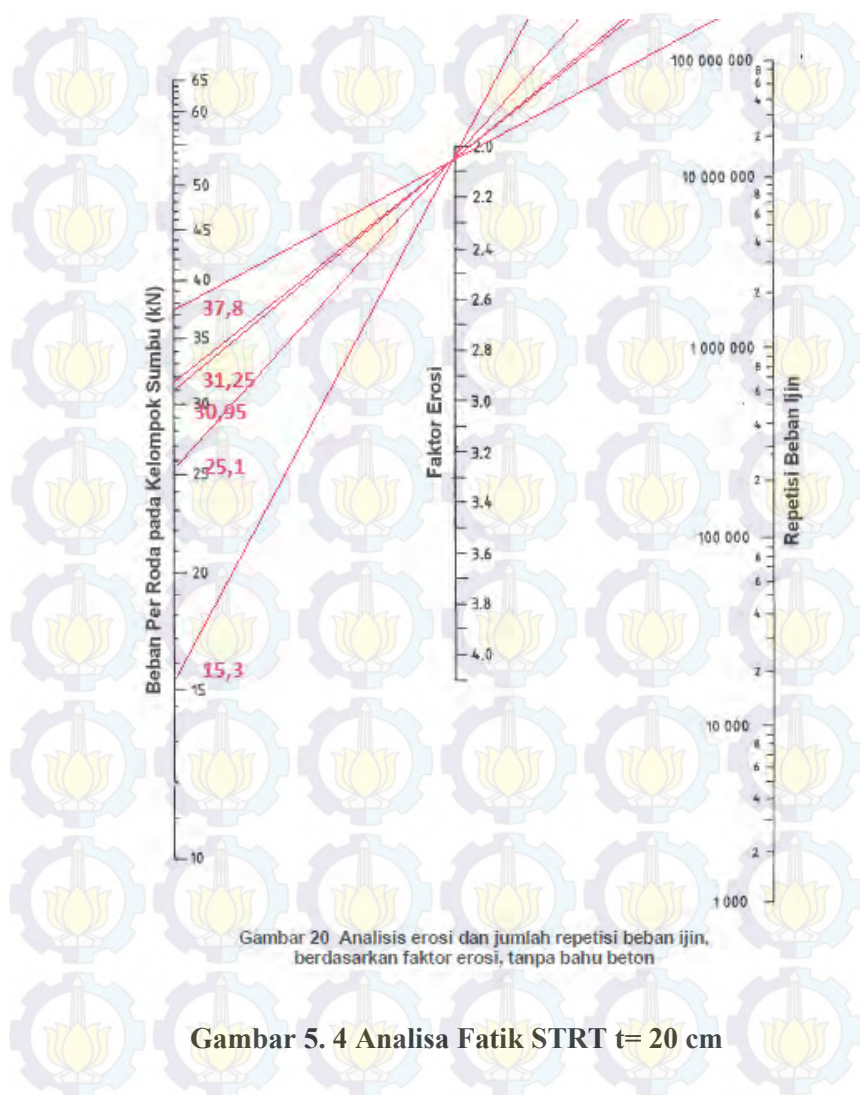
- Kolom (8) : $\frac{\text{repetisi sumbu} \times 100}{\text{repetisi ijin}}$

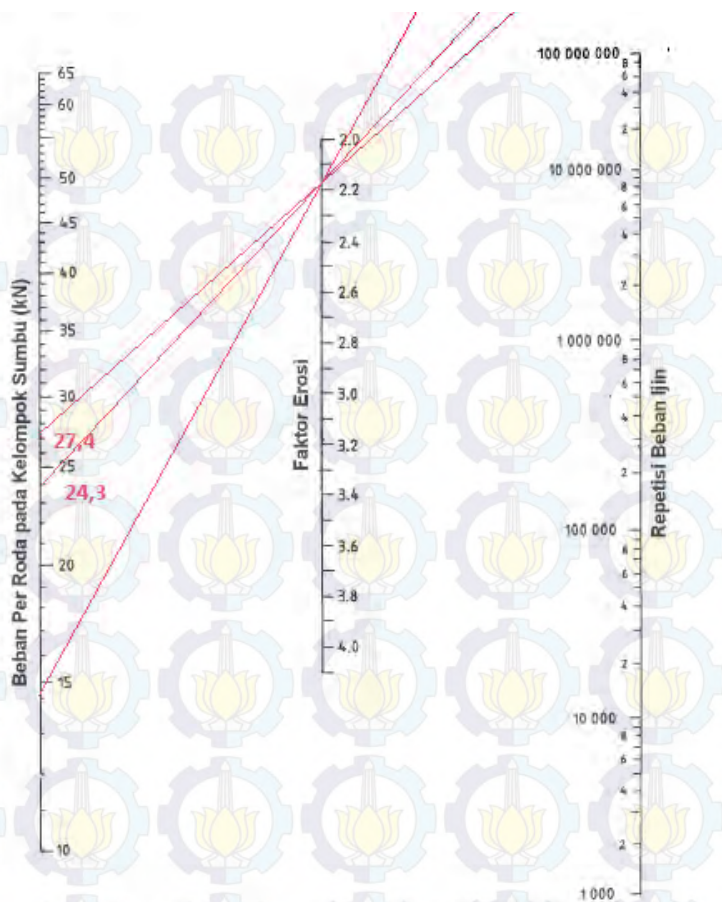
Hasil penjumlahan dari kolom (8) atau persen rusak tidak boleh melebihi 100%

- Kolom (9) : Analisa erosi ini didapat dengan cara menarik garis pada nomogram yang disediakan (Analisa erosi), beban per roda ditarik pada faktor rasio tegangan dan akhirnya didapat nilai Analisa Erosi (dijelaskan pada gambar 5.9)

- Kolom (10) : $\frac{\text{repetisi sumbu} \times 100}{\text{repetisi ijin}}$

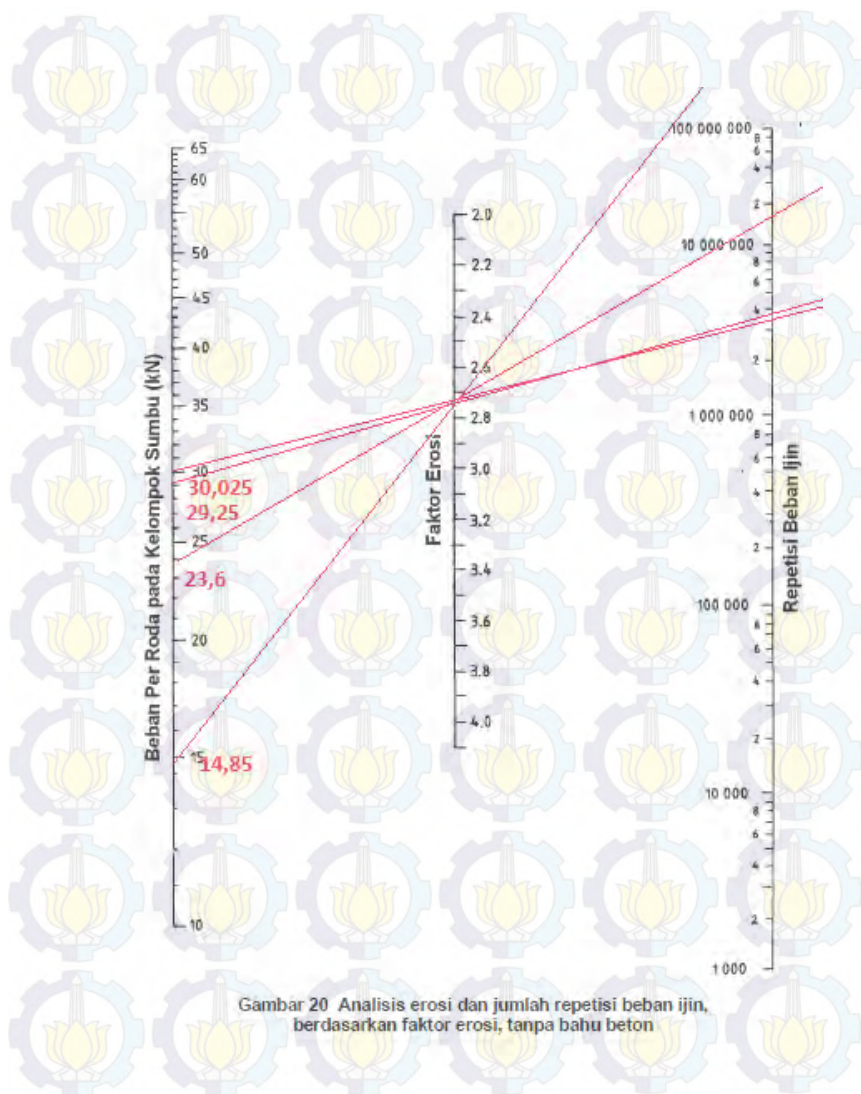
Hasil penjumlahan dari kolom (10) atau persen rusak tidak boleh melebihi 100%

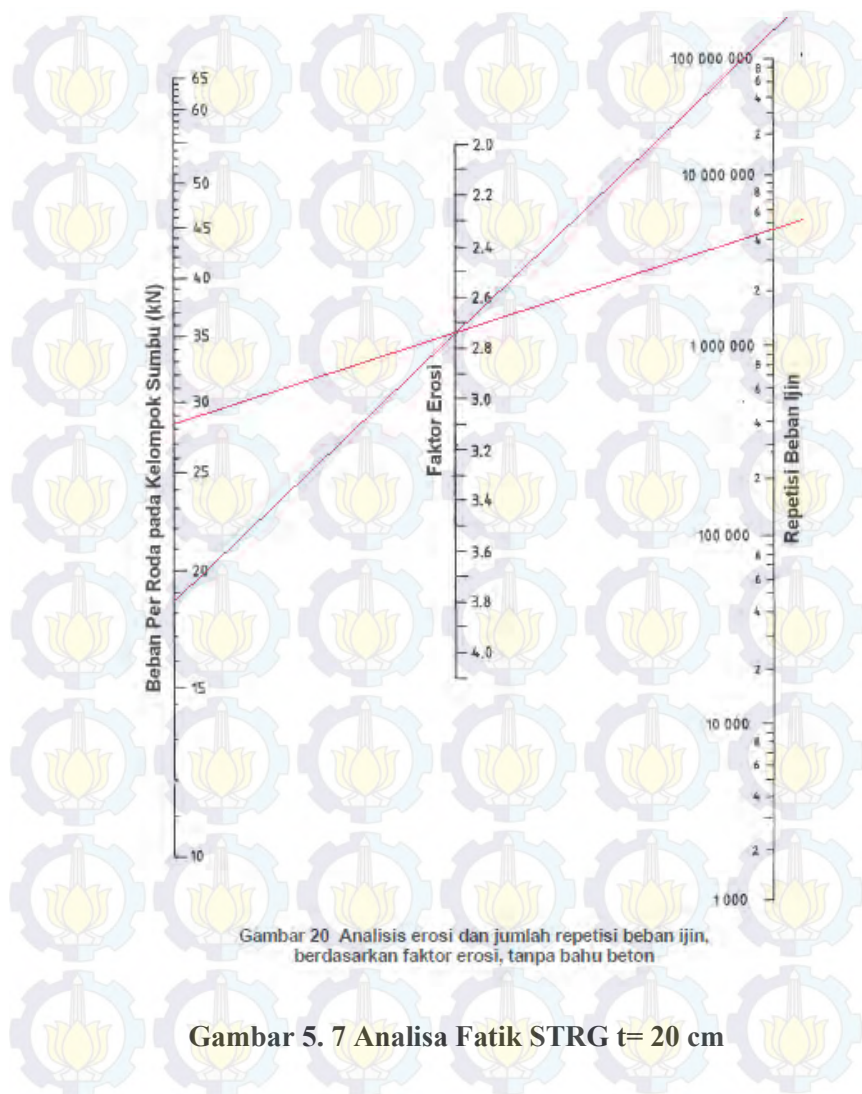


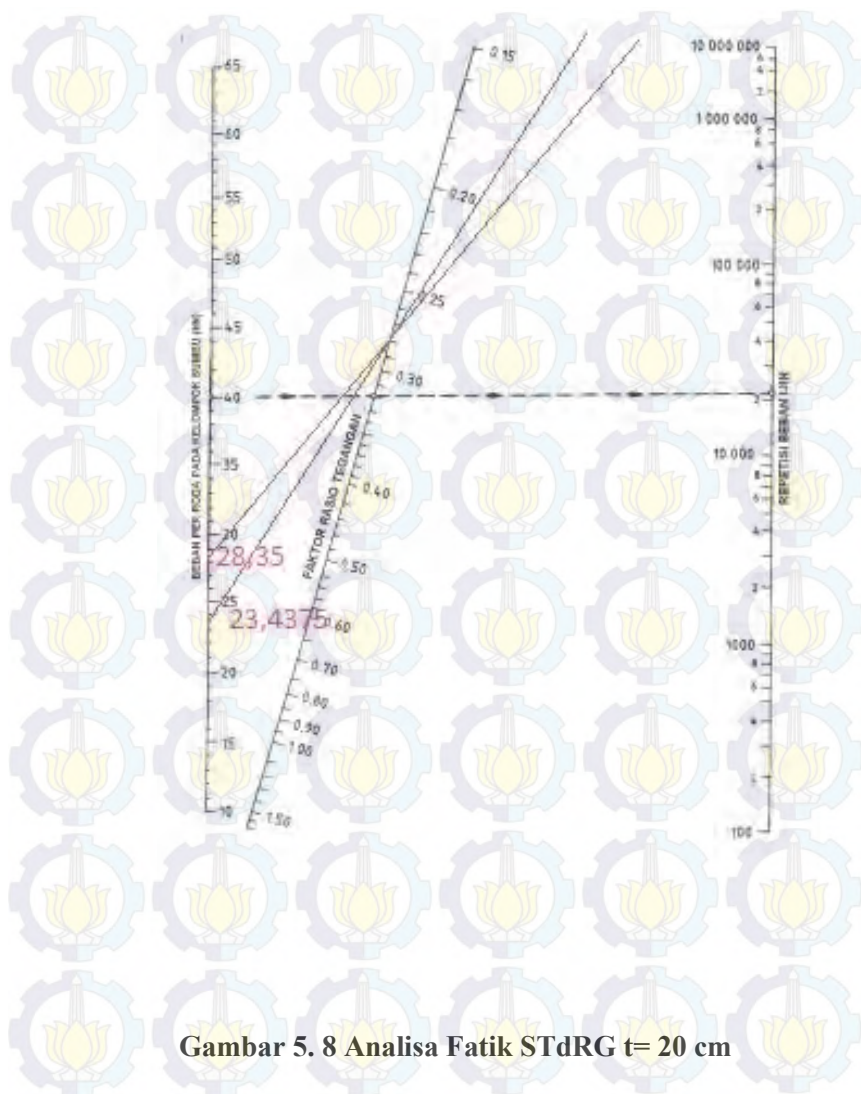


Gambar 20 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton

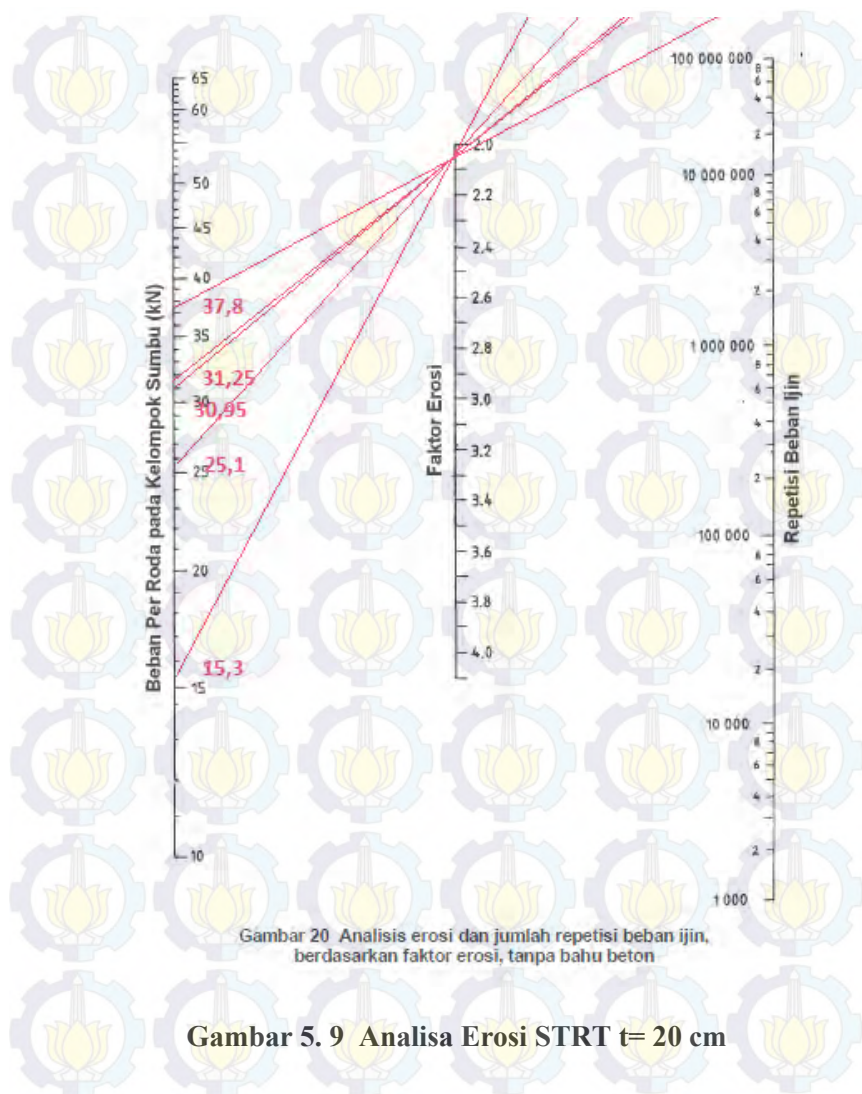
Gambar 5. 5 Analisa Fatik STRT $t = 20$ cm

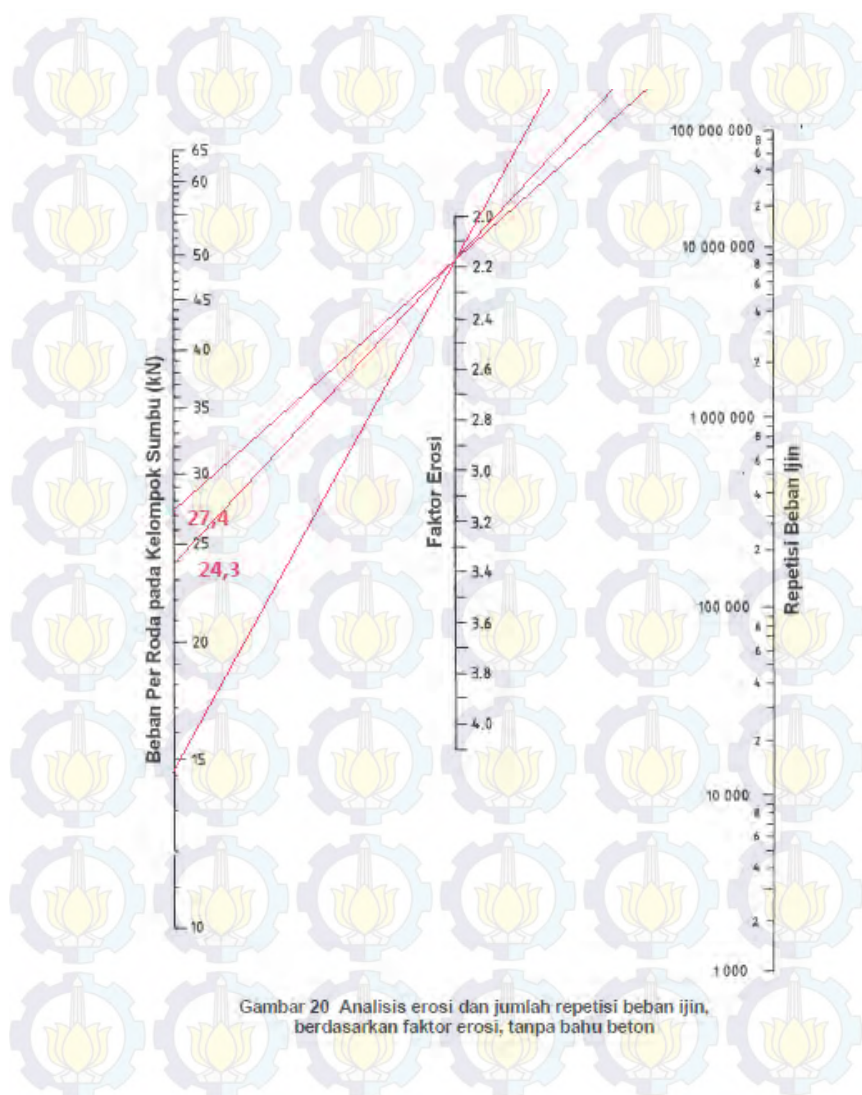




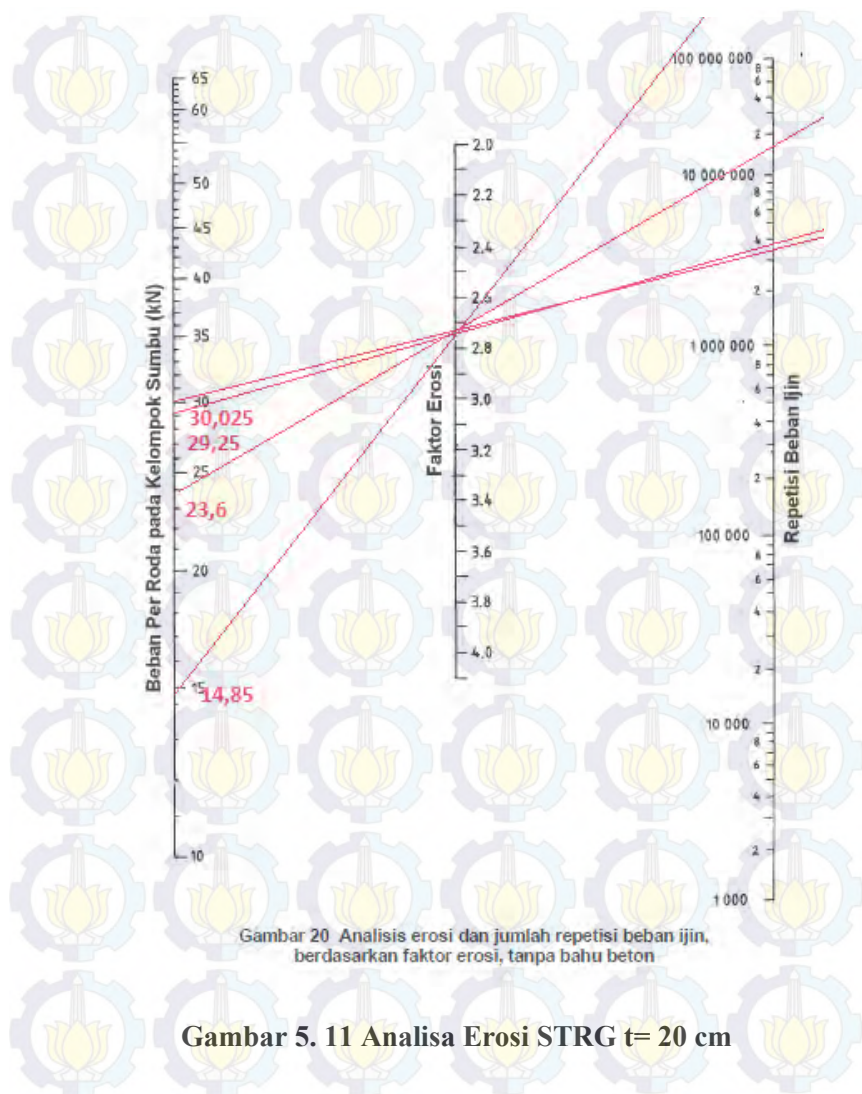


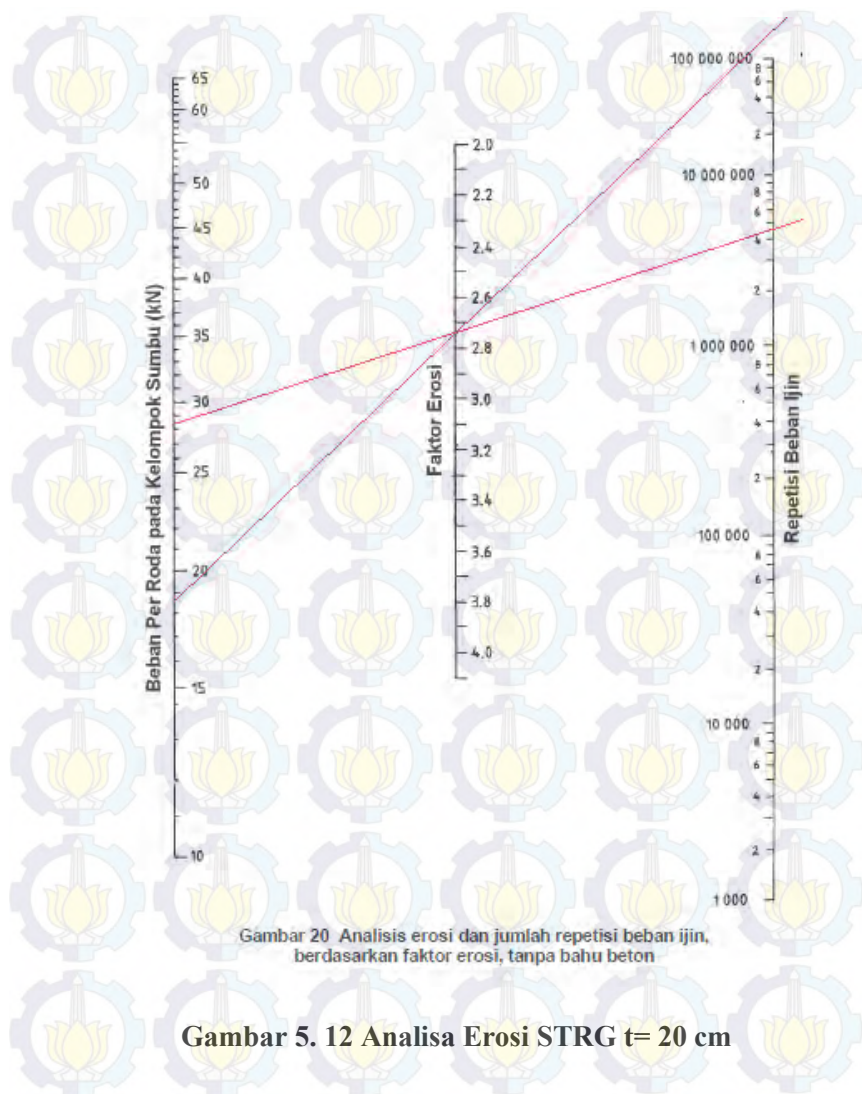
Gambar 5. 8 Analisa Fatik STdRG $t= 20$ cm

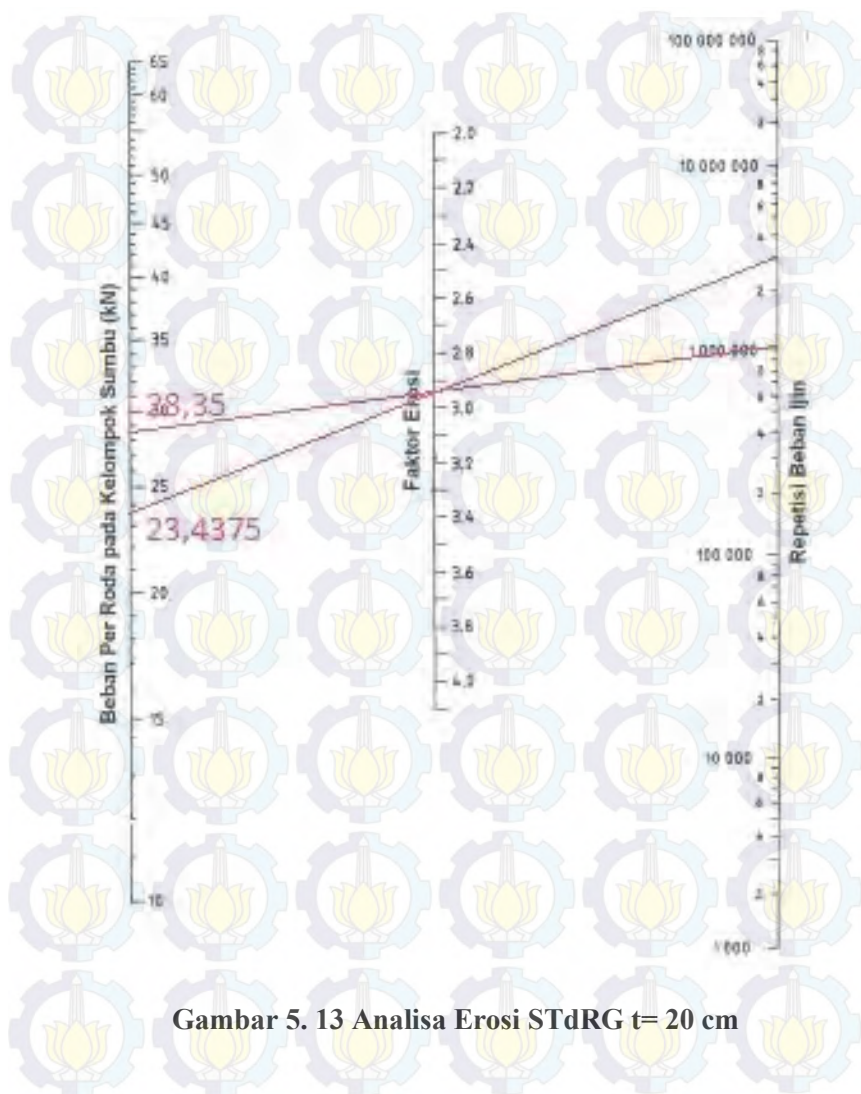




Gambar 5. 10 Analisa Erosi STRT $t = 20$ cm







Gambar 5. 13 Analisa Erosi STdRG $t = 20$ cm

Tabel 5.23 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Tebal 20,5 cm

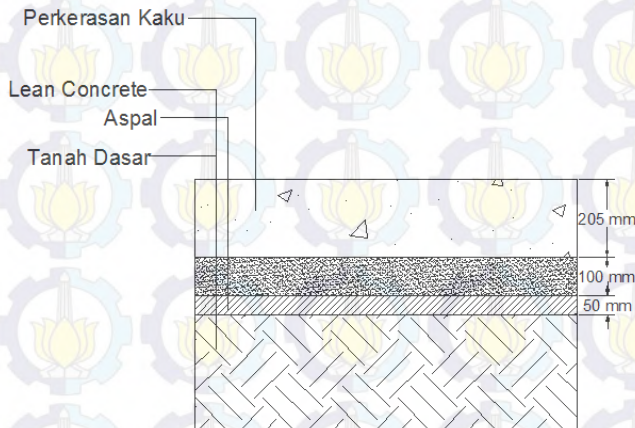
Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Renc. per Roda	Repetisi yang Terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	Ton	kN	kN			repetisi ijin	persen rusak	repetisi ijin	persen rusak
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
STRT	7,56	75,6	37,8	48108,337	TE= 0,89 FRT= 0,20941 FE= 2,16	TT	0	TT	0
	6,25	62,5	31,25	192433,346		TT	0	TT	0
	6,19	61,9	30,95	914058,395		TT	0	TT	0
	5,02	50,2	25,1	48108,337		TT	0	TT	0
	3,06	30,6	15,3	192433,346		TT	0	TT	0
	5,48	54,8	27,4	1635683,444		TT	0	TT	0
	4,86	48,6	24,3	144325,010		TT	0	TT	0
	2,82	28,2	14,1	1635683,444		TT	0	TT	0
STRG	5,94	59,4	14,85	178208,294		TT	0	TT	0

	9,44	94,4	23,6	145806,786		TT	0	13000000	1,121590662
	12,01	120,1	30,025	923442,978	TE= 1,4	1300000	71,03407523	2800000	32,98010636
	11,7	117	29,25	97204,524	FRT= 0,32941	4000000	2,4301131	3200000	3,037641375
	11,3	113	28,25	97204,524	FE= 2,76	8000000	1,21505655	3900000	2,492423692
	7,54	75,4	18,85	97204,524		TT	0	TT	0
	7,54	75,4	18,85	97204,524		TT	0	TT	0
	18,75	187,5	23,4375	327472,558	TE= 1,15	TT	0	6000000	5,457875967
STdRG	22,68	226,8	28,35	92364,055	FRT= 0,27059	TT	0	2000000	4,618202741
					FE= 2,84				
Total							74,67924488		49,70784079

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Kesimpulan :

Dari tabel perhitungan tersebut diketahui bahwa nilai persen rusak dari analisa fatik sebesar 74,679 % dan nilai persen rusak dari analisa erosi sebesar 49,707%. Nilai tersebut sudah memenuhi syarat karena $< 100\%$, maka dalam tugas akhir ini kami merencanakan menggunakan tebal perkerasan 20,5 cm.



Gambar 5. 14 Sketsa Perkerasan Kaku di atas Perkerasan

Penjelasan tabel taksiran perkerasan diatas :

- Kolom (1) : Jenis sumbu kendaraan
- Kolom (2) (3) : sumbu kendaraan yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis sumbu kendaraan (STRT,STRG,STdRG) dalam Ton dan Kn
- Kolom (4) : Beban rencana tiap roda

$$\text{Cara perhitungan : } \frac{\text{beban sumbu (kn)} \times F_{kb}}{\text{jumlah sumbu}}$$

$$= \frac{75,6 \times 1}{2}$$

$$= 37,8 \text{ kn}$$

- Kolom (5) : Repetisi sumbu masing-masing kendaraan
- Kolom (6) : Faktor tegangan ekivalen dan tegangan erosi, Fe dan Te di kolom diambil langsung dari tabel, dan FRT : *Te/Kuat tarik lentur beton*
- Kolom (7) : Repetisi ijin ini didapat dengan cara menarik garis pada nomogram yang disediakan (Analisa erosi), beban per roda ditarik pada faktor rasio tegangan dan akhirnya didapat nilai Repetisi ijin (dijelaskan pada gambar 5.1.3)

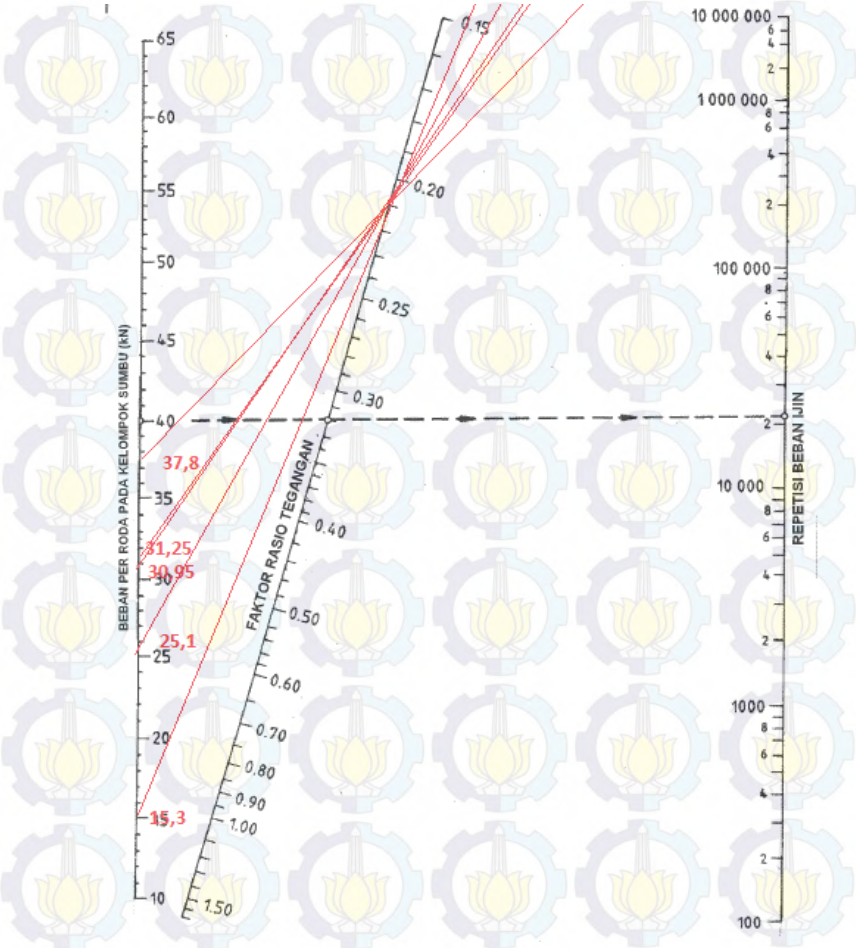
- Kolom (8) : $\frac{\text{repetisi sumbu} \times 100}{\text{repetisi ijin}}$

Hasil penjumlahan dari kolom (8) atau persen rusak tidak boleh melebihi 100%

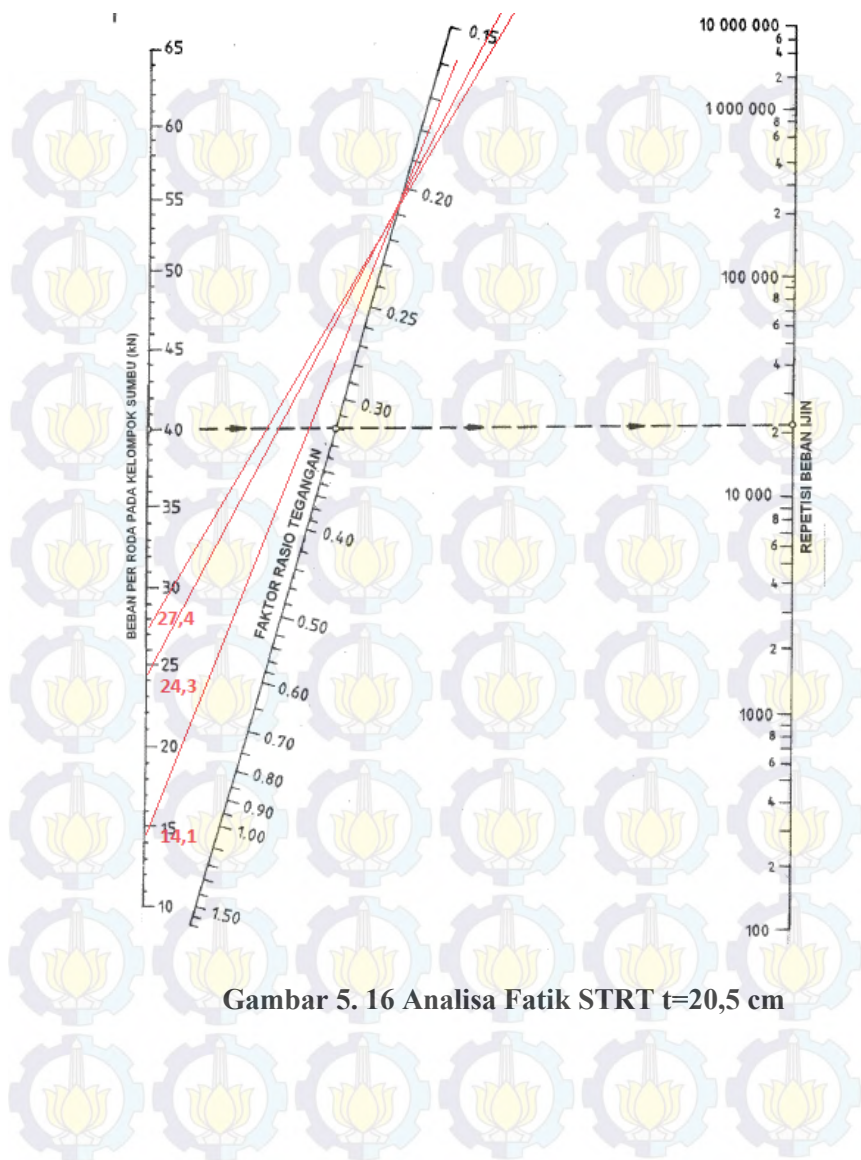
- Kolom (9) : faktor erosi ini didapat dengan cara menarik garis pada nomogram yang disediakan (Faktor rasio tegangan), beban per roda ditarik pada faktor rasio tegangan dan akhirnya didapat nilai analisa erosi (dijelaskan pada gambar 5.1.83)

- Kolom (10) : $\frac{\text{repetisi sumbu} \times 100}{\text{repetisi ijin}}$

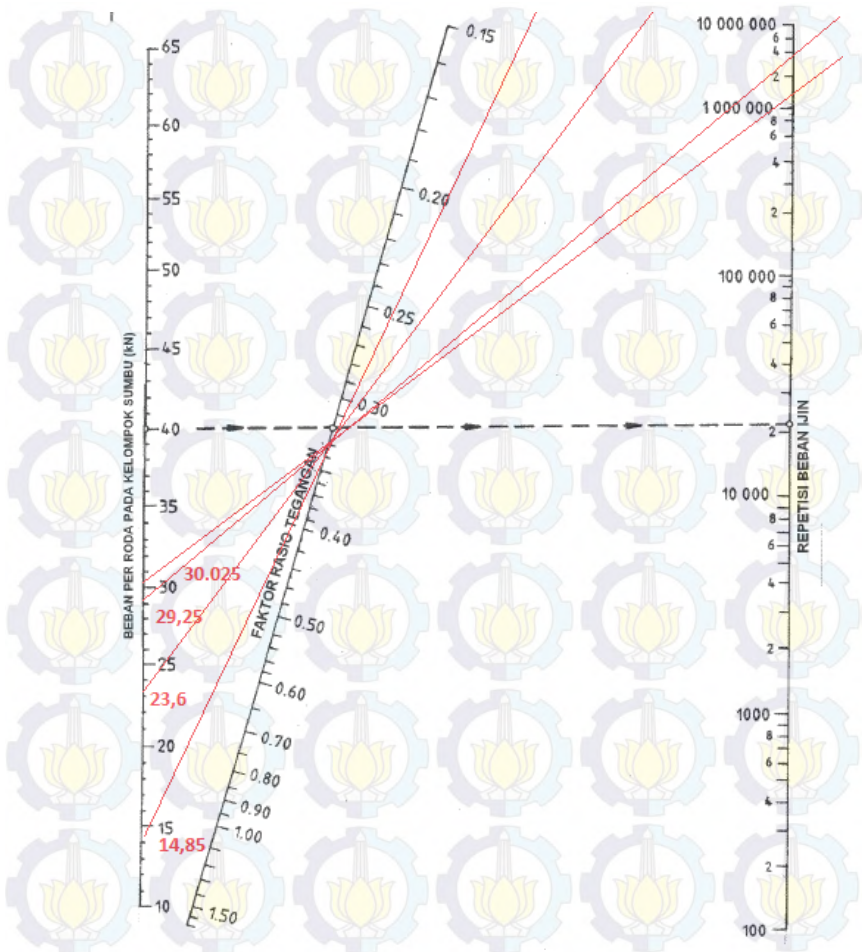
Hasil penjumlahan dari kolom (10) atau persen rusak tidak boleh melebihi 100%



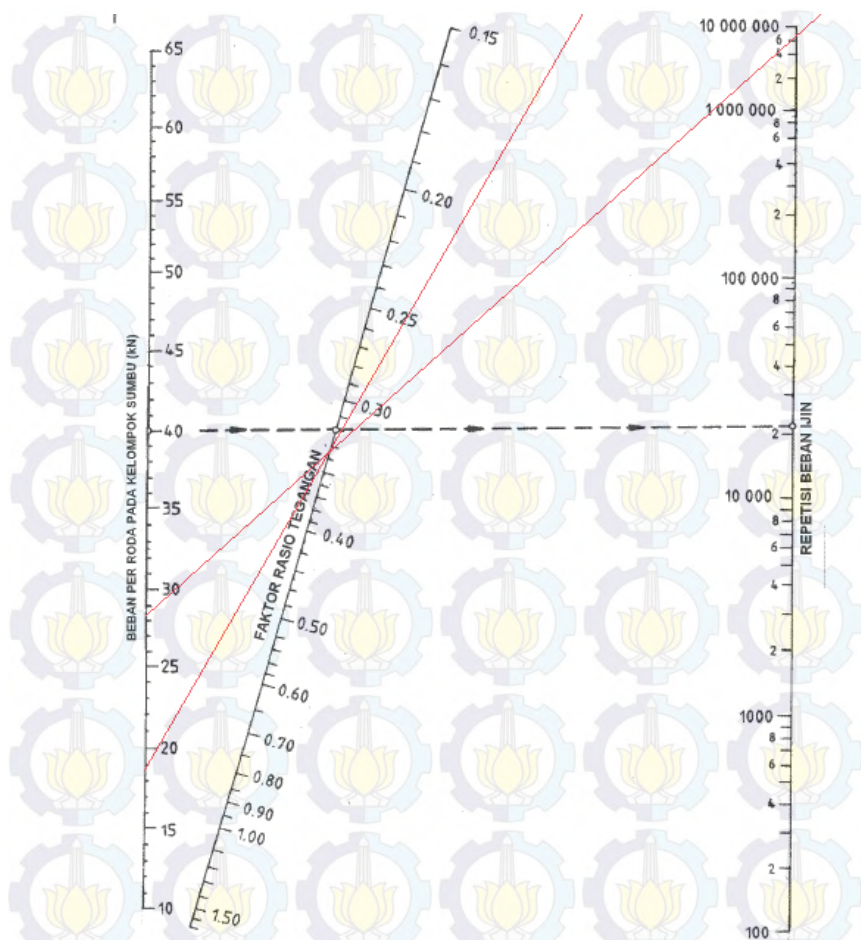
Gambar 5. 15 Analisa Fatik STRT $t=20,5$ cm



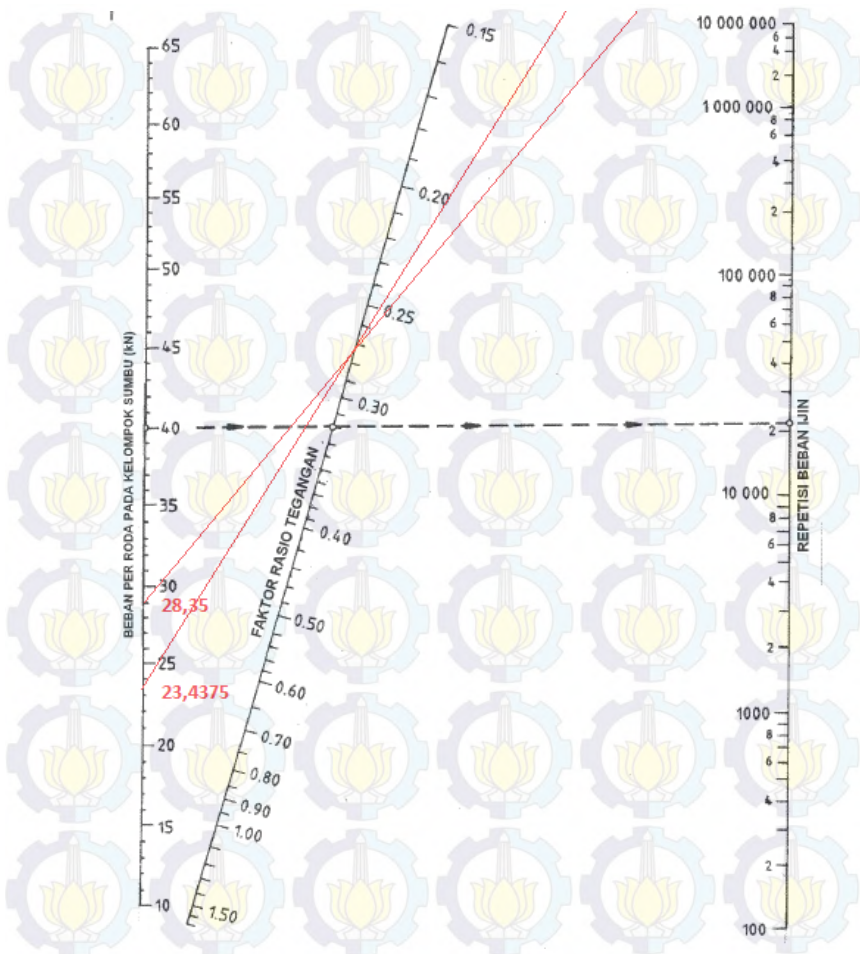
Gambar 5. 16 Analisa Fatik STRT $t=20,5 \text{ cm}$



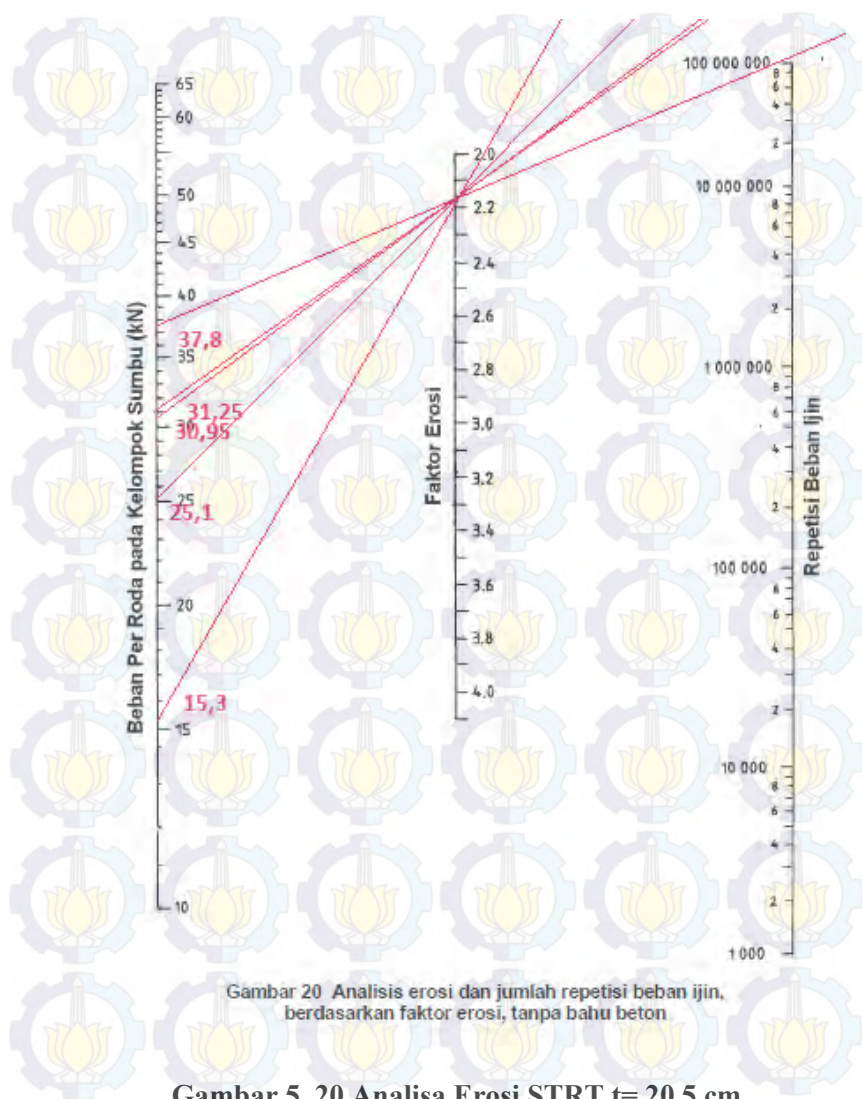
Gambar 5. 17 Analisa Fatik STRG $t=20,5$ cm

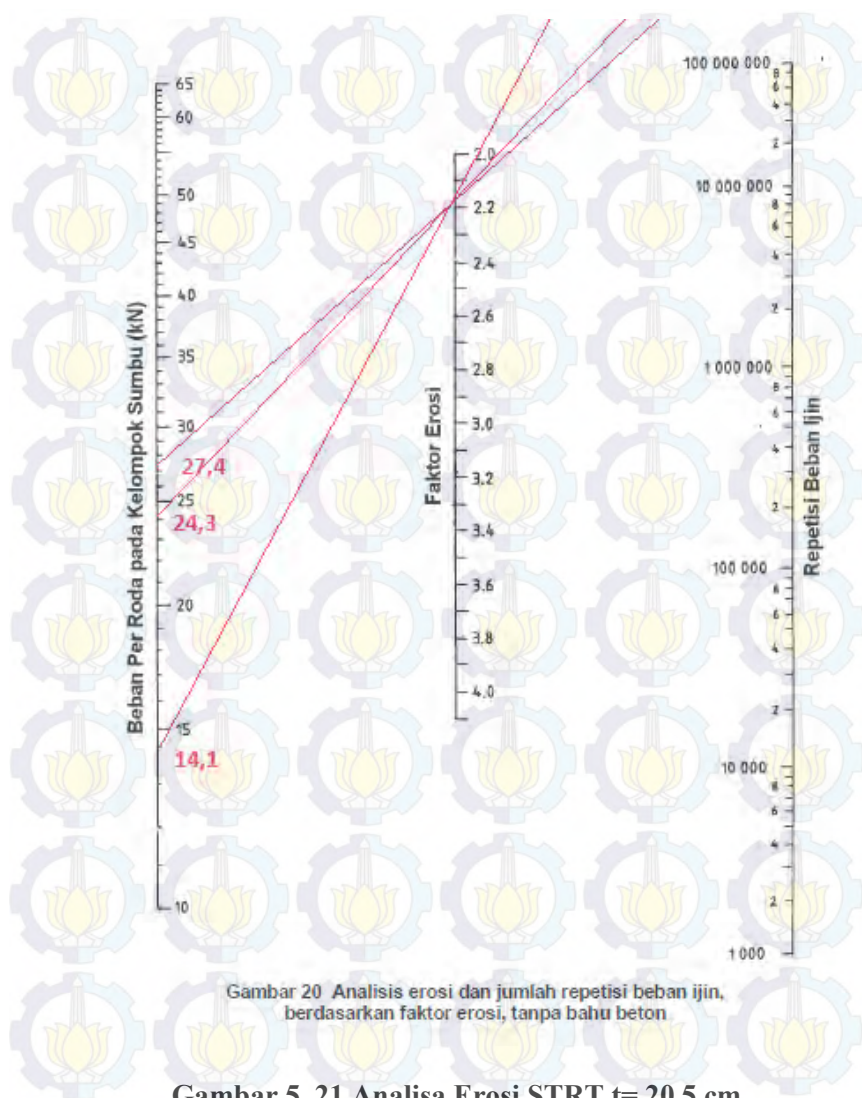


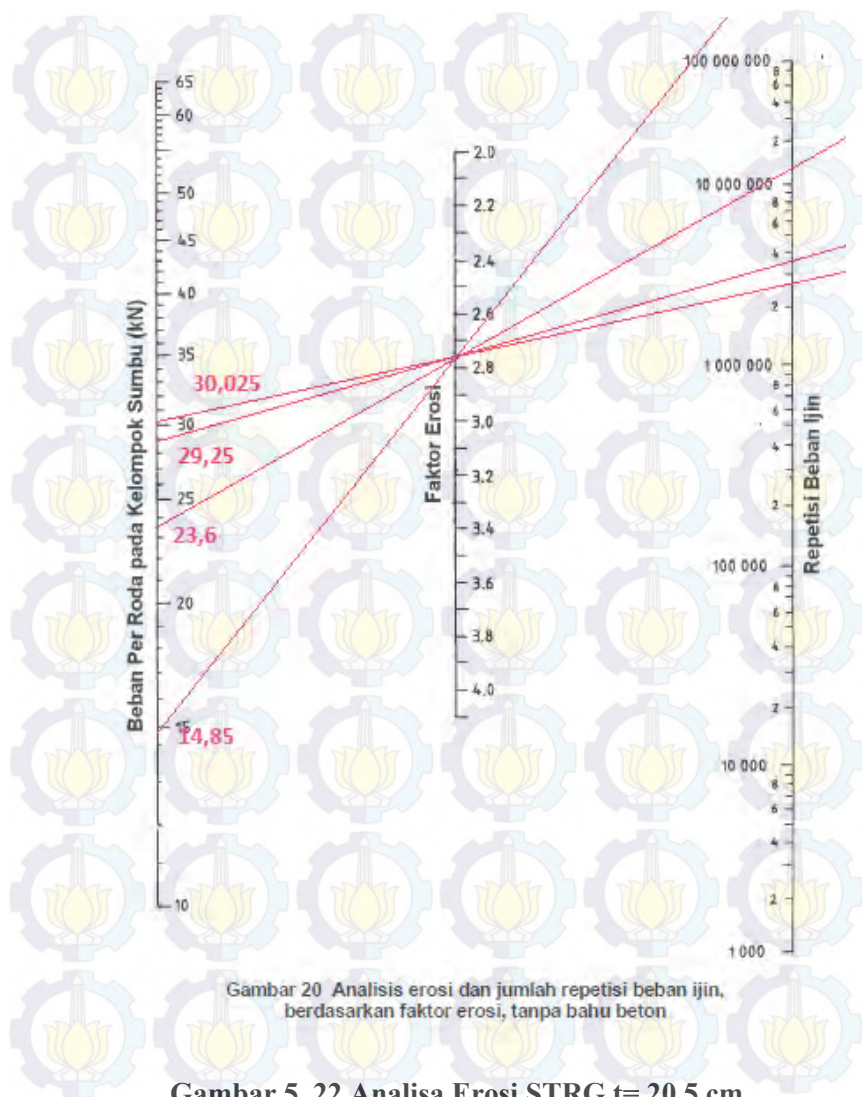
Gambar 5. 18 Analisa Fatik STRG $t= 20,5 \text{ cm}$



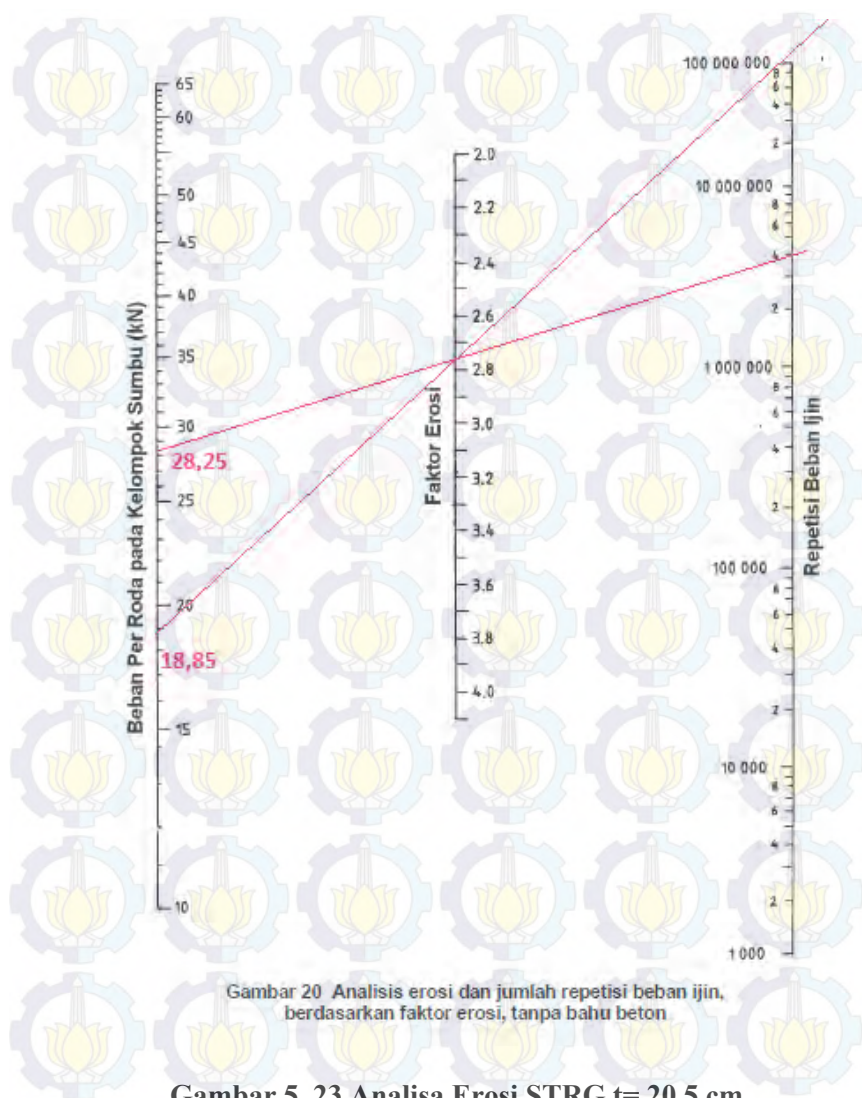
Gambar 5. 19 Analisa Fatik STdRG $t= 20,5 \text{ cm}$



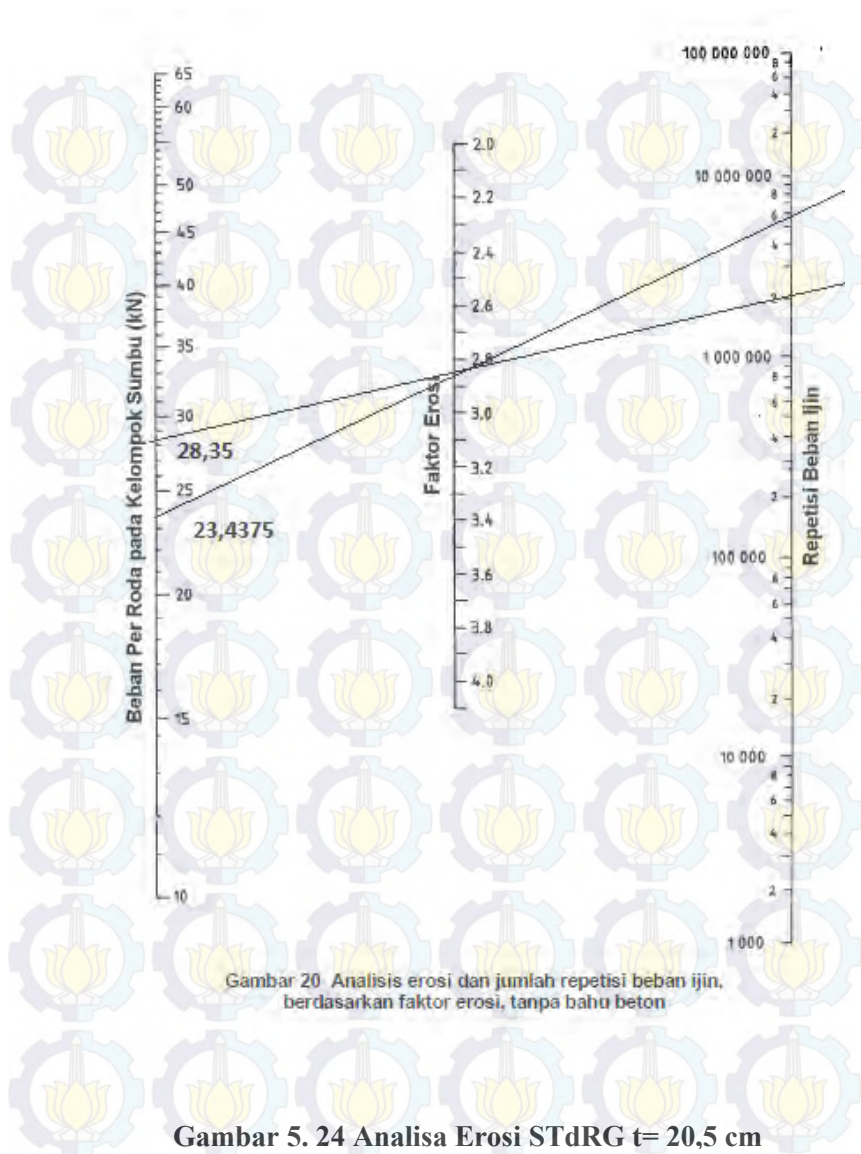




Gambar 5. 22 Analisa Erosi STRG $t = 20,5$ cm



Gambar 5. 23 Analisa Erosi STRG $t = 20,5$ cm



5.3.4 Perhitungan Penulangan dan Sambungan

Perhitungan beton bersambung dengan tulangan (BBDT):

- Spesifikasi beton yang ditulangi :
 - Tebal pelat beton = 205 mm
 - Lebar pelat = 2 x 3,50 m
 - Panjang plat beton = 5m
- Material :
 - Beton K-400
 - Kuat tekan beton (f_c') = 350 kg/cm²
 - Tegangan leleh baja (f_y) = 2400 kg/cm²
 - $E_s/E_c (n) = 6$
 - Koefisien gesek antara beton dan fondasi bawah (μ) = 1,0
 - $f_{cf} = 4,25 \text{ MPa}$
 - Ambil $f_{ct} = 0,5 \times 42,5 = 21,25 \text{ kg/cm}^2$

Baja BJTU-24

- Kuat tarik baja leleh (f_y) = 240 MPa
- Kuat tarik ijin (f_a) = $0,6 \times 240 \text{ Mpa} = 144 \text{ MPa}$
- Gravitasi = 9,81 m/det²

5.3.3.1 Perhitungan penulangan

- Penulangan Memanjang

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.16}) \\
 &= \frac{1 \times 5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,205}{2 \times 144} \\
 &= 83,794 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$As_{min} = 0,10\% \times \text{tebal plat} \times 1000$$

$$= 0,10\% \times 205 \times 1000$$

$$= 205 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

○ Jarak tulangan = 225 mm

○ Diameter tulangan = 12 mm

$$As \text{ yang digunakan} = \frac{1000}{225} \times 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 502,654 \text{ mm}^2$$

Perhitungan diatas memenuhi persyaratan $As_{digunakan} > As_{min}$
; $502,654 \text{ mm}^2 > 210 \text{ mm}^2$, maka dipasang tulangan D12-225 mm.

➤ Penulangan Melintang

$$As = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times fs} \dots\dots\dots(Pers. 2.16)$$

$$= \frac{1 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,205}{2 \times 144}$$

$$= 58,656 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = 0,10\% \times \text{tebal plat} \times 1000$$

$$= 0,10\% \times 205 \times 1000$$

$$= 205 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan :

- Jarak tulangan = 450 mm
- Diameter tulangan = 12 mm

$$\begin{aligned}\text{As yang digunakan} &= \frac{1000}{450} \times 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 251,33 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Perhitungan diatas memenuhi persyaratan As digunakan > As min ; $251,33 \text{ mm}^2 > 210 \text{ mm}^2$, maka dipasang tulangan D12-450mm.

5.3.3.2 Perhitungan Sambungan

- Sambungan memanjang menggunakan batang pengikat Tie Bars (construction joint)

Spesifikasi :

- Lebar jalan = 7 m
- B = 3,5 m
- Tebal plat (h) = 0,21 m

$$\begin{aligned}A_t &= 204 \times b \times h \dots\dots\dots(Pers. 2.17.1) \\ &= 204 \times 3,5 \times 0,21 \\ &= 149,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan sambungan menggunakan tulangan diameter 16 mm (minimal) maka luas nya :

$$\begin{aligned}A \text{ pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kebutuhan sambungan memanjang per meter nya :

$$\frac{A_t}{A_{pakai}} = \frac{149,94}{200,96} = 0,7461 = 1 \text{ buah}$$

Jarak antar sambungan adalah $1000/1 = 1000$ meter

Jarak maksimal tie bars = 750 mm

Panjang batang pengikat :

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(Pers. 2.17.2)$$

$$= 687,8 \text{ mm}$$

- Sambungan susut melintang (contraction joint) menggunakan dowel

Sambungan susut melintang ini menggunakan ruji polos sepanjang 45 cm dengan jarak antar ruji 30 cm lurus dan bebas dan bebas dari tonjolan tajam yang akan memperngaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri bahan anti lengket.

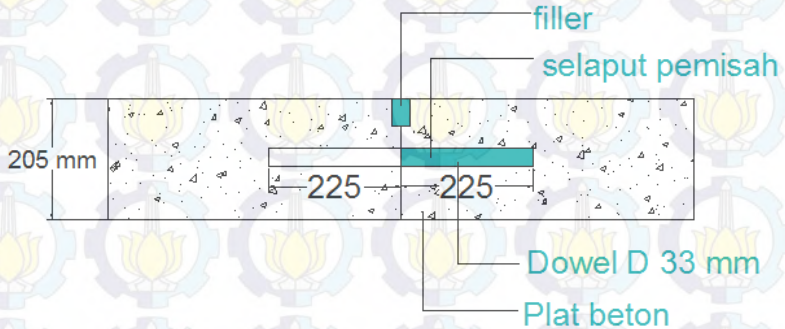
Tabel 5. 24 Hubungan antara Tebal Pelat Beton dengan Diameter Ruji

N0	Tebal plat beton h	Diameter ruji
1	$125 < h < 140$	20
2	$140 < h < 160$	24
3	$160 < h < 190$	28
4	$190 < h < 220$	33
5	$220 < h < 250$	36

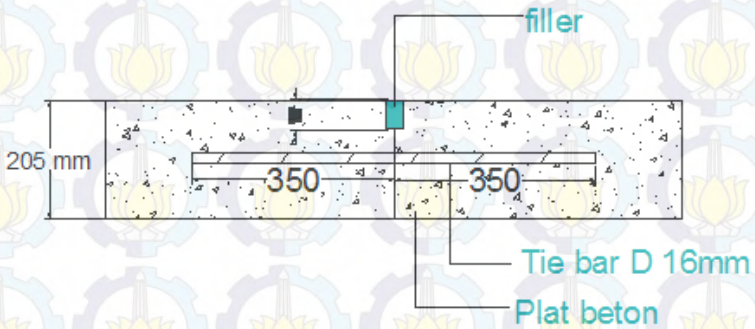
Sumber : SNI perencanaan perkerasan jalan beton semen

Maka dowel dipasang sebagai berikut :

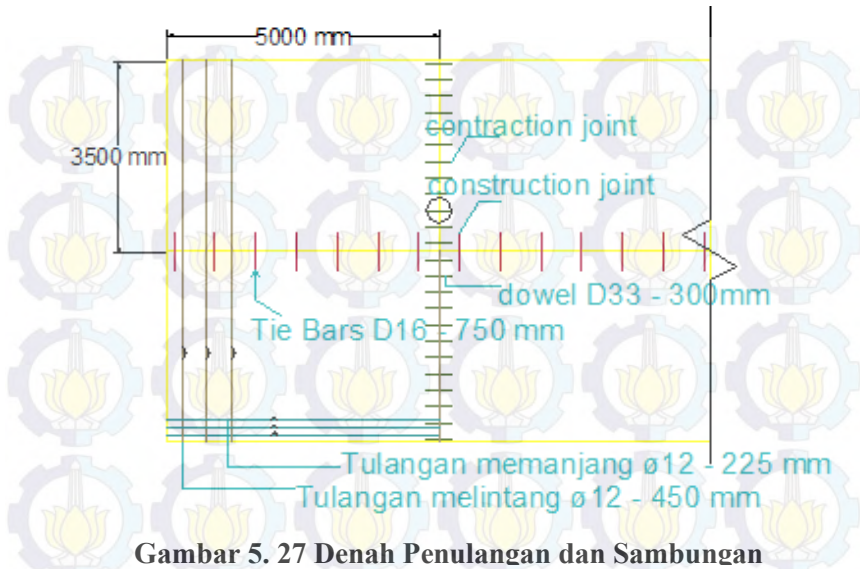
Panjang dowel = 45cm
 Diameter dowel = 33 cm
 Jarak dowel = 300mm



Gambar 5. 25 Sambungan Susut Melintang (*Contraction Joint*)



Gambar 5. 26 Sambungan Pelaksanaan Memanjang (*Constructionn Joint*)



5.4 Perencanaan Sistem Drainase

Sistem drainase permukaan adalah bagian jalan yang berkaitan dengan pengendalian air yang ada di permukaan jalan. Secara umum drainase memiliki fungsi yaitu :

- Mengalirkan air hujan/air secepat mungkin keluar dari permukaan jalan dan selanjutnya dialirkan lewat saluran samping; menuju saluran pembuang akhir
- Mencegah aliran air yang berasal dari daerah pengaliran disekitar jalan masuk ke daerah perkerasan jalan
- Mencegah kerusakan lingkungan di sekitar jalan akibat aliran air

Karena pentingnya fungsi drainase tersebut maka perencanaan drainase merupakan bagian yang wajib

diperhatikan karena tanpa drainase yang baik konstruksi jalan akan cepat mengalami kerusakan.

Data-data yang diperlukan pada perhitungan perencanaan saluran tepi (drainase) itu sendiri meliputi data perencanaan dimensi saluran tepi dan data curah hujan yang didapatkan dari stasiun di daerah sekitar lokasi jalan yang direncanakan. Perencanaan drainase atau saluran tepi meliputi perhitungan debit dan dimensi saluran. Perhitungan debit meliputi inlet time, flow time, waktu konsentrasi, intensitas hujan, nilai koefisien pengaliran, dan debit aliran. Perhitungan dimensi saluran membahas tentang perhitungan luas penampang, kemiringan saluran, dan kecepatan aliran rata-rata.

Hal-hal yang dibutuhkan dalam perhitungan perencanaan saluran tepi (drainase) adalah analisa curah hujan serta perencanaan desain saluran tepi (drainase) agar dapat menampung debit air yang mengalir

5.4.1 Pengolahan data curah hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan yang horizontal. Data curah hujan yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari kantor PU pengairan. Data curah hujan ini sangat diperlukan untuk menghitung tinggi hujan rencana dan digunakan untuk merencanakan saluran tepi. Data curah hujan dari pengamatan didapat curah hujan harian maksimum pertahun mulai dari 2005-2014.

Berikut ini adalah analisa data curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I) yang didapat

dari pengamatan stasiun hujan Pacitan sesuai dengan **Tabel 4.4** berikut:

No	Tahun	Hujan harian
		rata-rata max
1	2005	218
2	2006	95
3	2007	158
4	2008	127
5	2009	137
6	2010	78
7	2011	110
8	2012	96
9	2013	145
10	2014	145
jumlah	10	1309

Perhitungan curah hujan sesuai dengan **Tabel 4.17** berikut:

No	Tahun	Hujan harian rata-rata max	Deviasi	$(X_i - \bar{X})^2$
			$X_i - \bar{X}$	
1	2005	218	87,1	7586,4
2	2006	95	-35,9	1288,8
3	2007	158	27,1	734,41
4	2008	127	-3,9	15,21
5	2009	137	6,1	37,21
6	2010	78	-52,9	2798,4
7	2011	110	-20,9	436,81

8	2012	96	-34,9	1218
9	2013	145	14,1	198,81
10	2014	145	14,1	198,81
jumlah	10	1309		14513

Perhitungan analisa frekuensi curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I), secara analitis :

- a) Tinggi hujan maksimum rata rata

$$\begin{aligned}
 X' &= \frac{\sum x}{n} \\
 &= \frac{1309}{10} \\
 &= 130,9
 \end{aligned}$$

- b) Standar Deviasi

$$\begin{aligned}
 S_x &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - x')^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{14513}{10}} \\
 &= 38,0958
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode T tahun dengan periode ulang (T) untuk selokan samping ditentukan 10 tahun yaitu mencari X_t terlebih dahulu :

- Menentukan Y_n , Y_t dan S_n terlebih dahulu

Tabel Y_n (*Tabel 4.18*)

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5126	0,5157

20	0,5225	0,5252	0,5288	0,5283	0,5255	0,5309	0,532
30	0,5352	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541
40	0,5435	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5453	0,5468
50	0,5485	0,5485	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558
90	0,5566	0,5589	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595

Tabel Sn (*Tabel 4.20*)

n	0	1	2	3	4	5	6
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316
20	0,0628	1,0695	1,0695	1,0811	1,0854	1,0915	1,0961
30	0,1124	1,1199	1,1199	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313
40	0,1413	1,1435	1,1435	1,148	1,1499	1,1519	1,1538
50	0,1607	1,1523	1,1523	1,1558	1,1557	1,1581	1,1596
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1782	1,1803	1,1814
70	0,1899	1,1653	1,1653	1,1681	1,169	1,1698	1,1906
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198
90	0,2007	1,202	1,202	1,2025	1,2032	1,2038	1,2044

Tabel Yt (*Tabel 4.19*)

Periode Ulang (Tahun)	Variasi yang berkurang
2	0,3665
5	1,4999

10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

- Mencari nilai X_t menggunakan *Pers. 2.18.1* :

Dengan :

$$Y_t = 1,4999$$

$$Y_n = 0,5126$$

$$S_n = 1,0206$$

$$\begin{aligned} X_t &= X' + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \\ &= 130,9 + \frac{38,0958}{1,0206} (0,99) \\ &= 167,752 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keterangan :

S_x = standar deviasi

X_t = Besar curah hujan unruk periode ulang T tahun (mm/24jam)

X' = Tinggi hujan maksimum komulatif

Y_t = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang

Y_n = Nilai berdasarkan jumlah data curah hujan

S_n = Standar deviasi yang merupakan fungsi n

- Menentukan nilai I

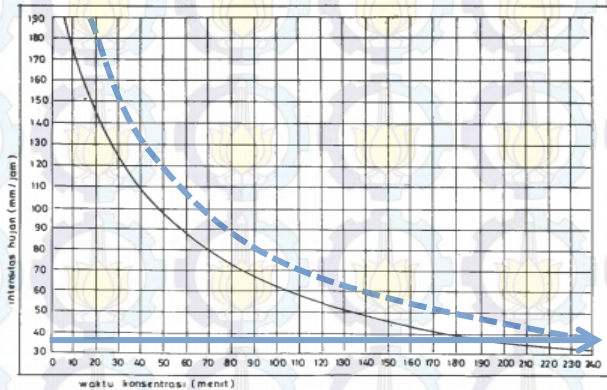
Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam, maka I didapatkan dari persamaan berikut :

$$I = \frac{90\% \times X_t}{4}$$

$$= \frac{90\% \times 167,7528}{4}$$

$$= 37,744384 \text{ mm/hari}$$

Di plot ke kurva basis



Gambar 5. 28 Kurva Basis dengan I

5.4.2 Penentuan Dimensi Drainase

Perencanaan dimensi saluran tepi (drainase) pada STA 0+000 – STA 0+100

a. Kondisi eksisting

- Lo perkerasan sisi kanan = 3,5m
- Lo perkerasan sisi kiri = 3,5m
- Lo bahu jalan = 1,5m
- Lo Perbukitan = 198,075m
- S perkerasan sisi kanan = 7,2%
- S perkerasan sisi kiri = 7,2%
- S bahu jalan = 7,2%
- S perbukitan = 41,320%
- Panjang saluran = 100 m

b. Menentukan waktu konsentrasi (Tc)

- Menentukan inlet time t₁ dengan menggunakan **Pers. 2.19.2** berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{perkerasan kanan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{s^2}} \right)^{0,167} \\
 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3,5 \times \frac{0,013}{0,268} \right)^{0,167} \\
 &= 0,847 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{perkerasan kiri}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{s^2}} \right)^{0,167} \\
 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 3,5 \times \frac{0,013}{0,268} \right)^{0,167}
 \end{aligned}$$

$$= 0,847 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{bahu jalan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{s^2}} \right)^{0,167} \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 1,5 \times \frac{0,2}{0,268} \right)^{0,167} \\ &= 1,161 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{perbukitan}} &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{s^2}} \right)^{0,167} \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 100 \times \frac{0,2}{0,642} \right)^{0,167} \\ &= 2,268 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= t_{\text{perkerasan kanan}} + t_{\text{perkerasan kiri}} + t_{\text{bahu jalan}} + t_{\text{perbukitan}} \\ &= 0,847 + 0,847 + 1,161 + 2,268 \\ &= 5,09 \text{ menit} \end{aligned}$$

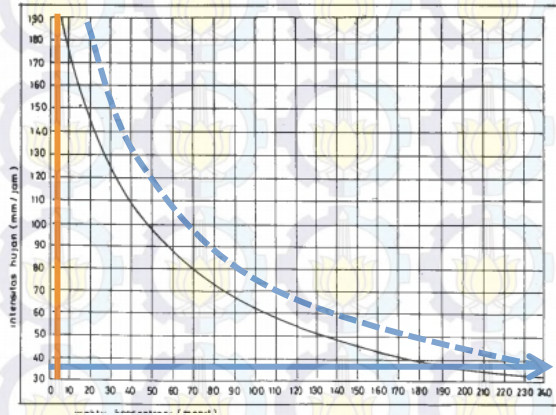
- Menentukan flow time (t_2) dengan *Pers. 2.19.3*:

$$L = 100 \text{ m}$$

$$V = 1,8 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{100}{60 \times 1,8} \\ &= 0,926 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu konsentrasi (Tc)} &= t_1 + t_2 \\ &= 6,050 \text{ menit}\end{aligned}$$



Gambar 5. 29 Kurva Basis untuk Menentukan nilai I dengan

Kemudian waktu konsentrasi $t_c = 6,050$ menit dimasukkan dalam kurva basis dan ditarik vertikal keatas dan didapatkan $I = 190$ mm.

4. menentukan luas daerah pengaliran dan koefisien pengaliran

- Luas daerah pengaliran

$$\text{Perkerasan kanan (A1)} = 3,5 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 350 \text{ m}^2$$

$$\text{Perkerasan kiri (A2)} = 3,5 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 350 \text{ m}^2$$

$$\text{Bahu jalan (A3)} = 1,5 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$$

$$\text{Perbukitan (A4)} = 198,075 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 19807,5 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Total} \\ &= 350 \text{ m}^2 + 350 \text{ m}^2 + 150 \text{ m}^2 + 19807,500 \text{ m}^2 = 20657,500 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Menentukan besarnya koefisien pengaliran

Perkerasan jalan $c1 = 0,75$

Perkerasan jalan $c2 = 0,75$

Bahu jalan $c3 = 0,4$

Perbukitan $c4 = 0,7$

- Perhitungan nilai C menggunakan *Pers. 2.20* :

$$C = \frac{c1 \times A1 + c2 \times A2 + c3 \times A3 + c4 \times A4}{a1 + a2 + a3 + a4}$$

$$C = \frac{0,75 \times 350 + 0,75 \times 350 + 0,4 \times 150 + 0,7 \times 19807,500}{350 + 350 + 150 + 19807,500}$$

$$C = 0,7000$$

5. Menentukan debit aliran (Q) dengan menggunakan *Pers. 2.21* sebagai berikut:

$$A = 0,021 \text{ km}^2$$

$$C = 0,700$$

$$I = 190 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,700 \times 190 \times 0,021$$

$$Q = 0,763 \text{ m}^3/\text{detik}$$

6. perencanaan dimensi saluran

- Perencanaan penampang basah dengan tinjauan paling ekonomis (Fe)

Penampang trapesium harus memenuhi syarat **Pers. 2.22** sebagai berikut :

$$B = 2h$$

Perhitungan luasan basah untuk drainase dengan bentuk trapesium dengan menggunakan **Pers. 2.23** sebagai berikut :

$$A = B \times h$$

$$A = 2h \times h$$

$$A = 2h^2$$

- Perencanaan dimensi penampang basah dengan tinjauan dan kecepatan aliran (F_d) menggunakan **Pers. 2.24** :

$$F_d = \frac{Q}{v}$$

$$F_d = \frac{0,763}{1,8}$$

$$F_d = 0,424$$

- Merencanakan dimensi saluran dengan persamaan $F_d = F_e$

$$F_e = F_d$$

$$2h^2 = 0,424$$

$$h = 0,46 = 0,5 \text{ m (untuk mempermudah pemasangan)}$$

$$b = 2 \times h$$

$$b = 2 \times 0,5 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

Maka direncanakan dimensi saluran drainase menggunakan $B = 1\text{ m}$ dan $h = 0,5\text{ m}$ dengan menghitung tinggi jagaan menggunakan *Pers. 2.25* berikut ini :

$$W = \sqrt{0,5 \times h}$$

$$W = \sqrt{0,5 \times 0,5\text{ m}}$$

$$W = 0,5\text{ m}$$

- Mencari jari jari hidrolis saluran dengan menggunakan *Pers. 2.26* sebagai berikut:

$$R = \frac{h}{2}$$

$$R = \frac{0,5\text{ m}}{2}$$

$$R = 0,25\text{ m}$$

- Mencari kemiringan ijin drainase dengan *Pers. 2.27* berikut :

$$I = \left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times 100\%$$

$$I = \left(\frac{1,8 \times 0,02}{0,397\text{ m}} \right)^2 \times 100\%$$

$$I = 0,008 = 0,8\%$$



Menghitung kemiringan eksisting saluran menggunakan **Pers. 2.28** sebagai berikut:

$$\text{STA } 0+000 = 54,08$$

$$\text{STA } 0+100 = 53,75$$

$$I = \frac{r_1 - r_2}{L} \times 100\%$$

$$I = \frac{54,08 - 53,75}{100} \times 100\%$$

$$I = 0,335 \%$$

Maka kemiringan i ijin lebih besar dari i eksisting yaitu $0,8\% > 0,335\%$ maka tidak membutuhkan bangunan pematah arus.

- Kontrol dimensi saluran bentuk trapesium

$$A = 2h^2$$

$$A = 2 \times 0,5^2$$

$$A = 0,5\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{saluran}} &= A \times V \\ &= 0,5 \text{ m}^2 \times 1,8 \text{ m/s} \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{total}}$$

$$0,9 \text{ m}^3/\text{detik} > 0,763 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Karena Q yang dapat ditampung oleh saluran lebih besar dari Q_{total} arus yang melewati saluran maka design saluran OK.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Perhitungan Drainase Jalan

STA Drainase	b	h	W	h+W	I rumus	I eksisting	I kontrol	Q total	Q saluran	Q kontrol
0-100	1.000	0.500	0.500	1.000	0.012	0.003	Ok	0.732	0.846	Ok
100-175	0.900	0.450	0.474	0.900	0.018	0.002	Ok	0.574	0.773	Ok
175-379	0.800	1.200	0.775	1.400	0.007	0.005	Ok	1.802	2.165	Ok
379-446	0.800	0.400	0.447	0.850	0.032	0.006	Ok	0.576	0.745	Ok
446-497	0.800	0.400	0.447	0.850	0.045	0.018	Ok	0.442	0.890	Ok
497-709	0.800	1.200	0.775	1.400	0.006	0.013	Not Ok	1.814	2.054	Ok
709-812	0.800	0.400	0.447	0.850	0.031	0.002	Ok	0.387	0.735	Ok
812-896	0.600	1.000	0.707	0.900	0.014	0.015	Not Ok	0.679	1.741	Ok
896-910	0.600	0.300	0.387	0.687	0.158	0.003	Ok	0.115	0.771	Ok
910-937	0.600	0.300	0.387	0.687	0.063	0.017	Ok	0.228	0.487	Ok
937-1007	1.000	0.500	0.500	1.000	0.017	0.019	Not Ok	0.594	1.000	Ok
1007-1030	0.600	0.300	0.387	0.687	0.072	0.005	Ok	0.207	0.519	Ok
1030-1113	1.200	0.600	0.548	1.148	0.006	0.006	Ok	0.680	0.946	Ok
1113-1182	0.900	0.450	0.474	0.924	0.018	0.018	Ok	0.582	0.766	Ok

1182-1237	0.900	0.450	0.474	0.924	0.018	0.005	Ok	0.580	0.768	Ok
1237-1396	1.400	0.700	0.592	1.292	0.007	0.001	Ok	1.333	1.542	Ok
1396-1523	1.400	0.700	0.592	1.292	0.005	0.017	Not Ok	1.154	1.351	Ok
1523-1611	1.200	0.600	0.548	1.148	0.005	0.001	Ok	0.740	0.896	Ok
1611-1730	1.200	0.600	0.548	1.148	0.009	0.0004	Ok	1.014	1.136	Ok
1730-1851	0.800	1.200	0.775	1.975	0.009	0.005	Ok	1.015	1.905	Ok
1851-1952	0.600	1.000	0.707	1.707	0.011	0.010	Ok	0.860	1.487	Ok
1952-2104	0.600	1.000	0.707	1.707	0.017	0.005	Ok	0.608	1.875	Ok
2104-2159	0.600	0.300	0.387	0.687	0.077	0.004	Ok	0.220	0.538	Ok
2159-2277	0.800	0.400	0.447	0.847	0.028	0.045	Not Ok	0.472	0.695	Ok
2277-2344	0.600	0.300	0.387	0.687	0.059	0.030	Ok	0.268	0.472	Ok
2344-2469	0.800	0.400	0.447	0.847	0.026	0.007	Ok	0.500	0.669	Ok
2469-2663	1.000	0.500	0.500	1.000	0.014	0.004	Ok	0.777	0.903	Ok
2663-2745	0.600	0.300	0.387	0.687	0.045	0.001	Ok	0.328	0.412	Ok
2745-2785	0.600	0.300	0.387	0.687	0.118	0.025	Ok	0.160	0.333	Ok
2785-2999	0.600	1.000	0.707	1.707	0.012	0.045	Not Ok	0.857	1.611	Ok
2999-3125	0.800	0.400	0.447	0.847	0.023	0.067	Not Ok	0.487	0.630	Ok

3150-3200	0.600	0.300	0.387	0.687	0.088	0.057	Ok	0.200	0.574	Ok
3200-3391	1.000	0.500	0.500	1.000	0.015	0.012	Ok	0.765	0.913	Ok
3391-3500	0.800	0.400	0.447	0.847	0.031	0.243	Not Ok	0.436	0.733	Ok

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari rekapitulasi perhitungan tersebut diketahui bahwa hasil kontrol debit (Q) pada saluran sudah memenuhi persyaratan, sedangkan untuk kontrol kemiringan (I) terdapat perhitungan yang tidak memenuhi syarat kemiringan ijin. Oleh karena itu sesuai dengan peraturan SNI Pd. T-02-2006-B dan SNI 03-3424-1994 tentang perencanaan drainase jalan, jika kemiringan saluran tidak sesuai kemiringan ijin saluran maka dibuat bangunan terjunan (pematah arus) untuk mengurangi kecepatan aliran air pada drainase agar tidak terjadi gerus pada drainase tersebut.

5.4.3 Perencanaan Dimensi Gorong-Gorong

Pada perencanaan ruas jalan kabupaten Pacitan – bts. kabupaten Ponorogo ini dilakukan tinjauan terhadap saluran yang sudah ada atau eksisting. Pada tinjauan tersebut dilakukan perencanaan gorong-gorong tambahan di tempat yang sudah ditentukan untuk membantu pembuangan air pada segmen-segmen jalan tersebut. Gorong-gorong tersebut direncanakan pada STA 0+378,847 , STA 0+936,649 , STA 1+523,02 , STA 2+159,4 , STA 2+343,75 , STA 2+785,24 , 3+200 , 3+390,6. Bentuk gorong-gorong yang digunakan adalah lingkaran dengan dimensi yang bervariasi ditentukan berdasarkan perhitungan dibawah ini :

- Perencanaan penampang basah dengan tinjauan paling ekonomis (Fe) menggunakan **Pers. 2.27** berikut :

$$Fe = \frac{1}{8} \times (4,5 - \sin 4,5) D^2$$

$$Fe = 0,685 \times D^2$$

Dengan syarat :

$$d = 0,8 \times D$$

$$\Theta = 4,5 \text{ radial}$$

- Perencanaan penampang basah dengan tinjauan debit air (Fd) menggunakan **Pers. 2.29** berikut :

$$\text{Debit pada STA 0+175 – 0+379 (Q1)} = 1,802 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Debit pada STA 0+379 – 0+446 (Q2)} = 0,576 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Fd = \frac{Q1 \times Q2}{v}$$

$$F_d = \frac{1,802 \times 0,576}{1,8}$$

$$F_d = 1,321 \text{ m}^2$$

- Penentuan dimensi gorong-gorong menggunakan **Pers. 2.30** Berikut ini :

$$F_e = F_d$$

$$0,685D^2 = 1,321$$

$$D = 1,388 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

Maka untuk memudahkan pemasanganya digunakan $D = 1,4 \text{ m}$, nilai d adalah :

$$d = 0,8 \times D$$

$$d = 1,12 = 1,2 \text{ m}$$

- Perhitungan kemiringan gorong-gorong untuk membuang air menggunakan **Pers. 2.31** berikut ini :

$$P = 2 \times R \times \theta$$

$$P = 2 \times 7 \times 4,5$$

$$P = 6,3 \text{ m}$$

- Perhitungan luas penampang basah menggunakan **Pers. 2.32** berikut :

$$F = 0,685 \times D^2$$

$$F = 1,342 \text{ m}^2$$

- Perhitungan jari jari hidrolis gorong-gorong menggunakan **Pers. 2.33** berikut :

$$R = \frac{F}{P}$$

$$R = 0,213 \text{ m}$$

- Perhitungan kemiringan gorong-gorong menggunakan **Pers. 2.34** berikut :

$$I = \left(\frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$I = \left(\frac{1,8 \times 0,014}{0,355} \right)^2$$

$$I = 0,504 \%$$

Kemiringan gorong-gorong memenuhi syarat kemiringan yang diijinkan 0,5 – 2%

Rekapan perhitungan gorong gorong terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong

No	STA Gorong-gorong	Q1	Q2	d	D	i
1	0+378,847	1,802	0,576	1,120	1,400	0,504
2	0+936,649	0,228	0,594	0,720	0,900	0,911
3	1+523,02	1,154	0,740	1,040	1,300	0,557
4	2+159,4	0,220	0,472	0,640	0,800	1,067
5	2+343,75	0,268	0,500	0,640	0,800	1,067
6	2+785,24	0,160	0,857	0,800	1,000	0,791
7	3+200	0,200	1,000	0,800	1,000	0,791
8	3+390,6	0,765	0,436	0,800	1,000	0,791

Sumber : Hasil Pengolahan Data



BAB VI

METODE PELAKSANAAN

6.1 Metode Pelaksanaan Peningkatan Ruas Jalan Pacitan-Bts. Kab. Ponorogo KM. Sby.260+700- KM. Sby. 264+100 dengan Menggunakan Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton (*lean concrete*) yang terletak diatas tanah dasar (*subgrade*) atau diatas pondasi, atau diatas tanah dasar pondasi. Pada awalnya perkerasan kaku hanya diletakkan langsung di atas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasenya. Seiring dengan perkembangan zaman, beban lalu lintas pun bertambah, pada akhirnya para *engineer* menyadari bahwa betapa pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terhadap terjadinya *pumping* pada perkerasan. *Pumping* merupakan proses pengocokan butiran-butiran *subgrade* atau *subbase* pada daerah-daerah sambungan (basah ataupun kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.

6.1.1 Urutan Pekerjaan Peningkatan Ruas Jalan Pacitan-Bts. Kab. Ponorogo KM. Sby. 260+700- KM. Sby. 264+100 dengan Menggunakan Perkerasan Kaku

6.1.1.1 Pekerjaan Persiapan

a. Pembuatan Direksi keet (Kantor lapangan)

Pembuatan direksi keet ini ditujukan untuk mempermudah pengawasan pekerjaan dan juga untuk mempermudah pekerjaan yang bersifat administrative selama proyek berlangsung.

b. Mobilisasi Peralatan

Seluruh peralatan yang akan digunakan dalam pelaksanaan proyek ini didatangkan dan ditempatkan di sekitar lokasi proyek. Adapun alat-alat yang kana digunakan selama pelaksanaan proyek peningkatan ruas jalan ini adalah :

1. Dump Truck
2. Excavator
3. Truck Mixer
4. Fixed form Concrete Paver
5. Stampper
6. Water Tank Truck

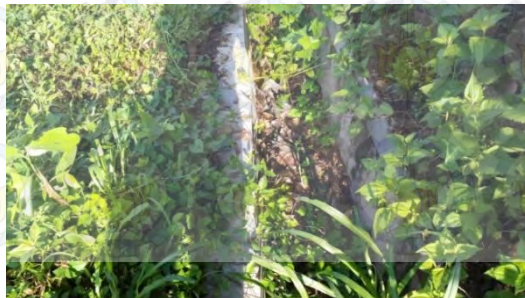
6.1.1.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Drainase

Setelah ditinjau ulang perhitungan drainase ternyata dalam perencanaan menggunakan bentuk dan dimensi drainase yang berbeda dengan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting sebagian besar drainase yang ada menggunakan bentuk trapesium dan hanya berupa galian tanah. Pada perencanaan yang baru ini dipasang bentuk drainase persegi dengan dimensi bervariasi dan semuanya adalah pasangan batu kali.

Berikut ini adalah serangkaian metode pelaksanaan pekerjaan drainase:

a) Pembersihan Drainase

1. Membersihkan tumbuh-tumbuhan dan benda-benda dari saluran tepi jalan yang ada, sehingga tidak mempengaruhi aliran air yang melewati drainase tersebut.
2. Mengecek kembali apakah terdapat penghalang/sumbatan pada drainase dan gorong-gorong yang ada, apabila terjadi penyumbatan maka dilakukan upaya pembersihan berupa menggali beberapa saluran yang tertutup lumpur atau kotoran. Beberapa drainase eksisting tertutup oleh lumpur sehingga mengurangi kinerjanya seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. 1 Kondisi Eksisting Drainase

b) Pekerjaan galian dan timbunan

1. Membongkar drainase eksisting yang ada dikarenakan dimensi saluran eksisting tidak sesuai dengan dimensi perencanaan yang baru.

- Dimensi drainase lama : $h = 0,6 \text{ m}$; $B = 0,6 \text{ m}$
- Dimensi drainase Baru :



tipe 1
(1m x 1m)

Gambar 6. 5 Drainase



tipe 2
(0.9m x 0,95m)

Gambar 6. 4 Drainase



tipe 3
(0.6 m x 0.9 m)

Gambar 6. 2 Drainase



tipe 4
(0.8m x 1.4m)

Gambar 6. 3 Drainase



tipe 5
(0.8m x 0.85m)

Gambar 6. 9 Drainase



tipe 6
(1.4m x 1.3m)

Gambar 6. 6 Drainase Tipe



tipe 7
(1.2m x 1.2m)

Gambar 6. 8 Drainase



tipe 8
(0.6m x 1.2m)

Gambar 6. 7 Drainase

2. Melakukan galian sepanjang sebelah kanan drainase sesuai dengan dimensi saluran baru.

3. Melakukan timbunan pada dasar drainase sesuai dengan gambar rencana, hal ini diperlukan karena menyesuaikan dengan tinggi overlay perkerasan kaku sebesar 0,31 cm.
4. Memasang rambu **“Hati-Hati Ada Pekerjaan Galian/Timbunan”** pada saat melaksanakan pekerjaan galian/timbunan untuk mencegah terjadinya kecelakaan atau hal-hal yang tidak diinginkan.
5. Pekerjaan galian dilakukan dengan pekerja secara manual.
6. Tanah hasil galian diangkut keluar lokasi pekerjaan dengan menggunakan *Dump Truck*.

c) Pekerjaan Pasangan Batu Kali

Pekerjaan pasangan batu kali dilakukan dikarenakan adanya pembongkaran drainase eksisting pada saat proses galian dan timbunan, selain itu pada kondisi eksisting drainase jalan tersebut sebelum ditingkatkan hanya beberapa yang sudah menggunakan pasangan batu kali, sehingga direncanakan seluruh drainase jalan tersebut menggunakan pasangan batu kali.

- Tahapan pemilihan bahan

1. Batu harus terdiri dari batu alam atau dari sumber bahan yang tidak terbelah, yang utuh, keras, awet, tahan terhadap udara dan air dan cocok dalam segala hal untuk fungsi yang dimaksud.
2. Ukuran dan dimensi batu harus disesuaikan dengan ukuran drainase, batu untuk pelapisan selokan harus berbentuk persegi.

3. Batu yang digunakan harus tertahan ayakan 10 cm.

4. Adukan untuk spesi digunakan campuran 1 PC berbanding 4 Pasir jadi didalam pengadukan harus benar-benar merata aduknya sehingga tidak terjadi kelemahan disuasi sisi spesi nantinya. Adukan yang akan dipasang harus mendapat persetujuan Direksi.

- Tahapan penyiapan batu

1. Batu harus dibersihkan dari bahan yang merugikan, yang dapat mengurangi kecacakan dengan adukan
2. Sebelum pemasangan batu dilakukan, batu harus dibasahi permukaanya dan diberikan waktu yang cukup untuk proses penyerapan air sampai jenuh

- Tahapan pemasangan batu

1. Memasang bowplank sesuai dengan dimensi rencana. Bowplank disini digunakan untuk memudahkan pemasangan pasangan batu kali
2. Membuat landasan dari adukan semen paling sedikit setebal 3 cm harus dipasang pada formasi yang telah disiapkan. Landasan adukan ini harus dikerjakan sedikit demi sedikit sehingga permukaan batu akan tertanam pada adukan sebelum mengeras
3. Batu harus ditanam dengan kuat di atas landasan adukan semen sehingga satu batu dbisa berdekatan dengan batu lain sampai mendapatkan tebal pelapisan yang tepat.
4. Pekerjaan harus dimulai dari dasar lereng menuju keatas dan permukaan harus segera diselesaikan

setelah pengerasan awal dari adukan dengan cara menyapunya dengan sapu yang kaku.

d) Pekerjaan Plesteran

1. Material dan bahan yang digunakan untuk pekerjaan plesteran harus sesuai dengan spesifikasi dan syarat perencanaan.
2. Campuran yang dipakai dalam pekerjaan plesteran juga harus sesuai dengan perencanaan.
3. Sebelum dilakukan plesteran permukaan pasangan batu tersebut dibasahi dengan air agar adonan plester tersebut dapat melekat.
4. Setelah itu padonan plester tersebut diratakan hingga merata pada pasangan batu kali.

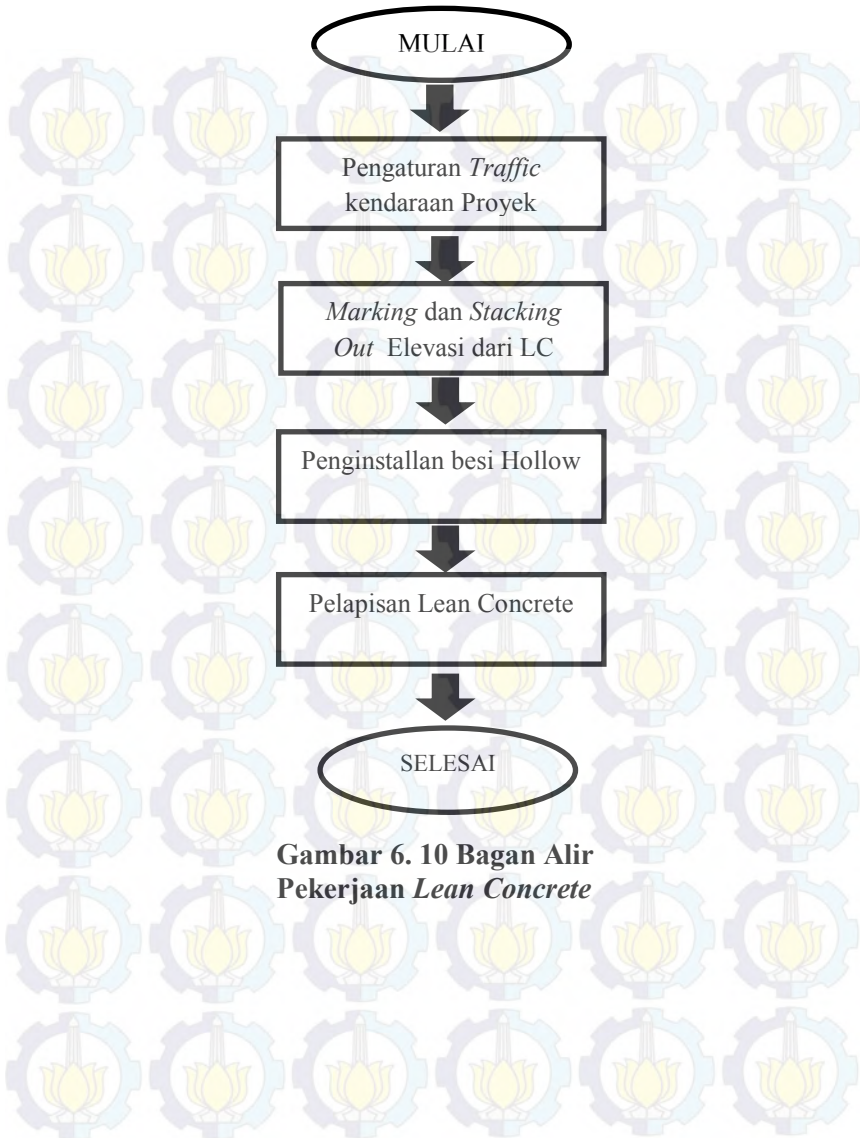
6.1.1.3 Pekerjaan Perkerasan Kaku

- a. Pengukuran elevasi menggunakan theodolite
 - Menentukan elevasi kemiringan jalan yang akan dilakukan *rigid pavement* (perkerasan kaku).
- b. Pengaturan lalu lintas dan pemasangan rambu
 - Memasang rambu lalu lintas di lokasi proyek, rambu yang digunakan :
 1. Rambu peringatan adanya pekerjaan proyek pembangunan jalan
 2. Rambu kecepatan maksimum
 3. Rambu hati-hati
 4. Rambu penunjuk arah lalu lintas
 - Pemasangan cone pada jalan.
 - Pemberian lampu penanda berfungsi pada malam hari.
 - Penempatan *Flagman*.

c. Pekerjaan overlay sebagai Lean Concrete. Adapun dalam pelaksanaan pekerjaan peningkatan ini yang dilakukan adalah pengecoran lean concrete (LC). Dalam perencanaan lean concrete sendiri ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti :

- Pengaturan posisi kendaraan proyek
- Pengecekan elevasi untuk lean concrete dengan theodolite
- Penginstallan bekisting
- Pengecoran lean concrete dengan menggunakan molen dan kemudian diratakan oleh pekerja, spesifikasi lean concrete :
 - Mutu beton : K-175
 - Tebal Lc : 10 cm
- Meratakan permukaan hamparan beton menggunakan mistar yang dilakukan oleh pekerja

Berikut ini adalah diagram alir (*Flow Chart*) untuk pelaksanaan pekerjaan *lean concrete* :



**Gambar 6. 10 Bagan Alir
Pekerjaan *Lean Concrete***

d. Persiapan Tulangan

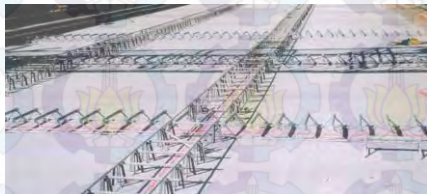
Adapun tahapan pelaksanaan pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan tulangan sesaat sebelum pemasangan untuk menghilangkan kotoran, lumpur, oli, cat, karat dan kerak, percikan adukan atau lapisan lain yang dapat mengurangi atau merusak pelekatan dengan beton.
2. Menempatkan tulangan akurat sesuai dengan gambar dan dengan kebutuhan selimut beton minimum yang disyaratkan.
3. Mengikat batang tulangan kencang dengan menggunakan kawat pengikat sehingga tidak tergeser pada saat pengecoran



Gambar 6. 11 Proses Pemasangan

Sumber: <https://ririztheone.wordpress.com/2013/10/09/dowel-bars-dan-tie-bars/>



Gambar 6. 12 Persiapan Lahan beserta Pemasangan dowel dan tie bars

Sumber: <https://ririztheone.wordpress.com/2013/10/09/dowel-bars-dan-tie-bars/>

e. Pekerjaan Rigid Pavement

1. Persiapan lahan *rigid* yang meliputi : persiapan instalasi secara manual sambungan dan tulangan sesuai dengan panjang area yang akan di-rigid (dalam hal ini per 100 m akan dilakukan pekerjaan rigid pavement)

Spesifikasi sambungan yang digunakan :

- Dowel
Diameter tulangan = 33 mm
Panjang tulangan = 450 mm
Jarak = 300 mm
- Tie bar
Diameter tulangan = 16 mm
Panjang tulangan = 700 mm
Jarak = 750 mm

Spesifikasi tulangan yang digunakan :

- Tulangan memanjang
Diameter tulangan = 12 mm
Jarak = 250 mm
- Tulangan melintang
Diameter tulangan = 12 mm
Jarak = 450 mm

2. Penyiapan alat *fixedform concrete finisher* yang akan digunakan untuk meratakan permukaan beton. Berikut ini adalah contoh gambar alat *fixed form concrete paver*.



Download Brochure Fixed Form Concrete Paver

Apollo Fixed Form concrete pavers are among the best available machine in the market where price, reliability, flexibility is the key factor.

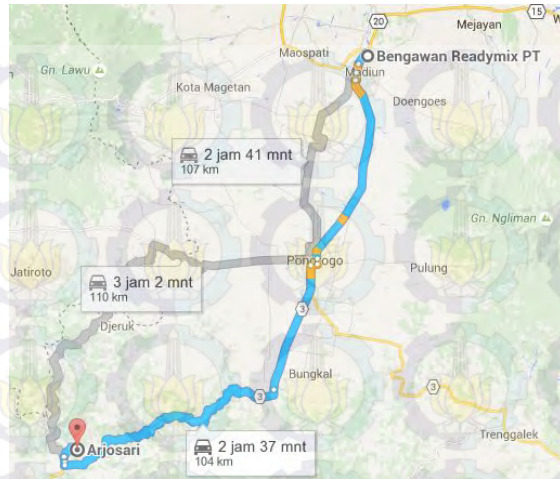
Salient Features Fixed Form Concrete Paver:

- Light weight.
- Easy mobility.
- Adjustable paving length option- 3Mtr to 4.5 Mtr
- Fuel efficient.
- Needle Vibrator
- Frames are made from hollow sections.
- Control unit includes all hydraulic and mechanical drives.
- Halogen lamps are provided to work even at night.
- Effortless steering control with levers governing two sets of drive tubes.

Gambar 6. 13 Alat Fixedform Concrete Paver

Sumber: http://www.apolloinffratech.com/fixed_form_concrete_paver.html

3. Pengukuran dan pengecekan elevasi *rigid* serta pemasangan slink pada tepi area yang akan dilaksanakan pekerjaan *rigid*.
4. Melakukan pemasangan decking.
5. Pendatangan *Truck Mixer* dari tempat readymix setempat dengan keadaan *drymix* (campuran kering) mengingat jarak lokasi proyek dari tempat *batching plants* cukup jauh agar adonan beton tidak mengeras sebelum sampai ke lokasi proyek. Berikut adalah gambar lokasi batching plant ke lokasi proyek :



Gambar 6. 14 Peta Lokasi Batching Plant

Sumber: Dokumentasi Penulis

6. Sebelum dihampar, beton *readymix* tersebut diambil beberapa sampel untuk dilakukan serangkaian uji tes apakah beton tersebut sudah sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Adapun beberapa uji tes beton adalah uji kuat tekan, uji slump, uji kuat lentur, tes kubus. Berikut ini adalah beberapa contoh pengambilan benda uji sebelum dilakukannya serangkaian tes.



Gambar 6. 15 Benda Uji untuk Tes Slump dan Uji Kuat Taik Lentur



Gambar 6. 16 Benda Uji untuk Uji Kuat Tekan

Sumber: CV. GAYO MEDIA PRATAMA

Berikut adalah syarat beton yang harus dipenuhi untuk mutu beton K-400 :

Tabel 6. 1 Nilai Uji Slump untuk Pekerjaan Beton

Uraian	Slump
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	5,0 – 12,5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi bawah tanah	2,5 – 9,0
Pelat, balok, kolom dan dinding	7,5 – 15,0
Perkerasan jalan	5,0 – 7,5
Pembetonan masai	2,5 – 7,5

Sumber : SNI Pelaksanaan Pekerjaan Beton Untuk Jalan Pd. T-05-2004-B

Tabel 6. 2 Nilai Kuat Tekan Minimum Beton

Jenis beton	Mutu Beton		Kuat Tekan Minimum (MPa) Benda Uji Silinder $\phi 15 - 30$ cm	
	F_c' (MPa)	σ_{uk} (Kg/cm ²)	7 hari	28 hari
Mutu Tinggi	50	K600	32,5	50,0
	45	K500	26,0	40,0
	35	K400	24,0	33,0
Mutu Sedang	30	K350	21,0	29,0
	25	K300	18,0	25,0
	20	K250	15,0	21,0
Mutu rendah	15	K175	9,5	14,5
	10	K125	7,0	10,5

Catatan : percepatan gravitasi (g) yang diambil sebesar 10 m/det²

Sumber : SNI Pelaksanaan Pekerjaan Beton Untuk Jalan Pd. T-05-2004-B

7. Penghamparan beton *readymix* dari *Truck Mixer* ke area yang telah disiapkan lalu diratakan oleh para pekerja.



Gambar 6. 17 Proses Penghamparan Beton

Sumber: CV. GAYO MEDIA PRATAMA

8. Setelah beton *readymix* dihamparkan lalu dipadatkan dengan menggunakan *vibrator* oleh para pekerja, kemudian diratakan dengan menggunakan alat *fixedform concrete finisher* oleh para pekerja. berikut adalah ilustrasi bagaimana prose pemerataan perkerasan beton menggunakan *fixedform concrete paver*.



Gambar 6. 18 Penghambaran Beton dengan

Fixedform Concrete Paver Manual

Sumber : <http://kampus-sipil.blogspot.co.id/2013/03/metode-pelaksanaan-pekerjaan-beton.html>

9. Finishing Rigid Pvement

- Grooving/ Brushing Tekstur Permukaan, agar permukaan jalan tidak licin.

**Gambar 6. 20 Alat****Gambar 6. 19 Proses**

Sumber: CV. GAYO MEDIA PRATAMA

- Melaksanakan Cutting Beton sebelum retak awal muncul pada permukaan jalan yaitu pada sekitar jam ke 4 s/d ke 24 dan disarankan pada jam ke 18.

**Gambar 6. 21 Proses Cutting**

- Melaksanakan pekerjaan curing beton dengan menggunakan *water tank*. Setelah proses curing permukaan beton ditutup dengan menggunakan *plastic sheet*/terpal untuk menjaga kadar air dalam beton agar tetap terjaga.

**Gambar 6. 22 Proses Curing**

Sumber: <http://docplayer.info/106913-Teknis-pelaksanaan-jalan-beton-semen-oleh-ir-nurchahyo-b-santoso.html>



Gambar 6. 23 Pemasangan Plastic

Sumber: CV. GAYO MEDIA PRATAMA

- Bagian atas sambungan muai dan sambungan yang digergaji harus ditutup dengan bahan penutup yang memenuhi persyaratan spesifikasi sebelum lalu lintas diijinkan melewati perkerasan.



Gambar 6. 24 Pengisian Joint

Sumber: <http://aspalbinder.blogspot.co.id/>

- Membongkar bekisting acuan 8 jam setelah penghamparan beton.
- Pembukaan lalu lintas dapat dilakukan ketika kuat tekan minimum sesuai tabel berikut:

Tabel 6. 3 Kuat Tekan Untuk Pembukaan Lalu-

Tebal pelat (cm)	Kuat tekan untuk pembukaan lalu lintas umum (f_c)	
	MPa (kg/cm ²)	
	Hanya kendaraan peremping	Lalu-lintas campuran *
12,5	17,9 (179)	27,6 (276)
> 12,5		17,9 (179)

Sumber : SNI Pelaksanaan Pekerjaan Beton Untuk Jalan Pd. T-05-2004-B

10.Selanjutnya para pekerja dengan menggunakan alat *fixedform concrete finisher* akan bergerak terus hingga akhir pelaksanaan *rigid* yang telah ditentukan.

Berikut adalah *flow Chart* pekerjaan perkerasan kaku :



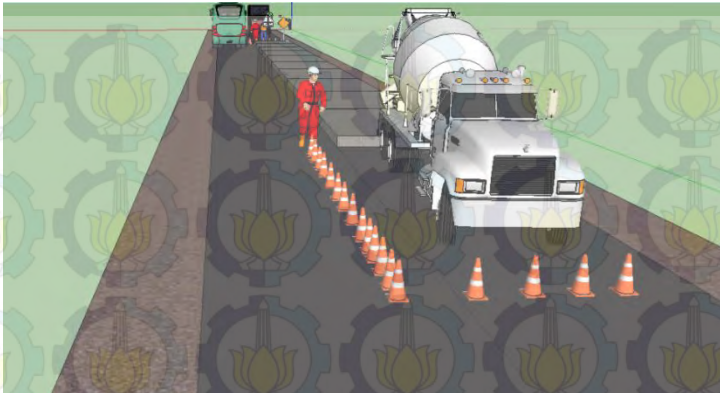


Gambar 6. 25 Flow Chart Pekerjaan Perkerasan Beton

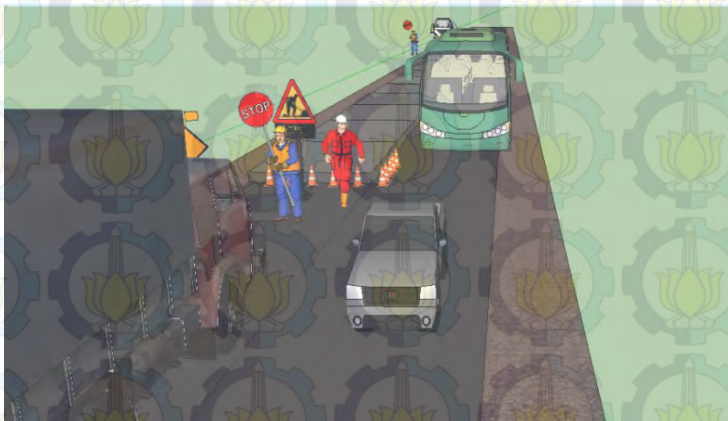
6.1.2 Skema pengaturan lalu lintas

Pada saat perencanaan peningkatan jalan kabupaten pacitan ponorogo sedang dilaksanakan maka dapat dipastikan banyak sekali kegiatan konstruksi di lapangan yang mengganggu ruas jalan. Ruas jalan jalan yang terganggu oleh kegiatan konstruksi di lapangan tersebut tentu berakibat pada kenyamanan pengguna jalan. Pengguna jalan berkurang kenyamananya karena tidak dapat menggunakan ruas jalan secara maksimal, oleh karena itu dibuat suatu pengaturan lalu lintas agar lalu lintas pada jalan yang sedang di rehabilitasi tidak lumpuh. Pengaturan lalu lintas tersebut seperti :

- Kegiatan konstruksi jalan terfokus pada satu jalur terlebih dahulu dalam hal ini disimulasikan pada jalan arah...
- Agar lalu lintas tidak banyak terganggu pekerjaan konstruksi dilakukan sepanjang 300 meter dengan jeda sepanjang 500 meter pada satu lajur tersebut
- Setelah konstruksi pertama pada 300 meter selesai maka dilanjutkan dengan menutup celah sepanjang 500 meter tersebut
- Setelah satu lajur selesai maka dilanjutkan dengan lajur berikutnya dengan cara yang sama persis



Gambar 6. 27 Skema Pengaturan Lalu-Lintas dari arah Ponorogo -Pacitan



Gambar 6. 26 Skema Pengaturan Lalu-Lintas dari arah Pacitan - Ponorogo



BAB VII RENCANA ANGGAAN BIAYA

7.1 Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan tanah

a. Galian tanah (m^3)

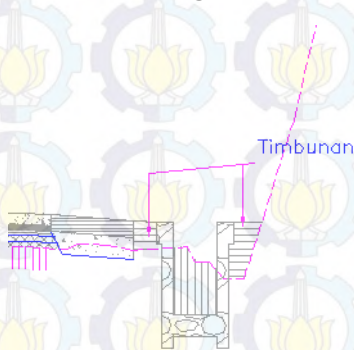
Galian tanah disini adalah pekerjaan yang dilakukan untuk menggali tanah sebagai tempat penempatan gorong – gorong. Berikut ini adalah tabel rekapitulasi perhitungan volume galian tanah.

Tabel 7. 1 Rekapitulasi Perhitungan Volume Galian tanah

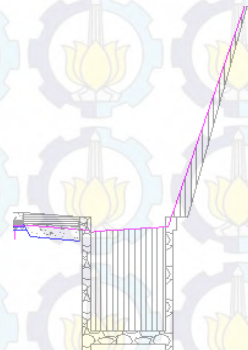
Gorong-gorong	Lebar (m)	h (m)	P (m)	Volume (m^3)
1	2	0.5	11	11
2	2	0.5	10	10
3	2	0.5	13	13
4	2	0.5	9	9
5	2	0.5	9	9
6	2	0.5	9	9
7	2	0.5	10	10
8	2	0.5	10	10
Jumlah				81

Sumber : Hasil Pengolahan Data

- b. Urugan tanah (m^3) berikut adalah contoh perhitungan volume urugan tanah :



Gambar 7. 2 Sketsa Potongan Melintang STA



Gambar 7. 1 Sketsa Potongan Melintang STA 0+200

Cara menghitung volume urugan tanah pada STA 0+150 – STA 0+200 :

- Menghitung luas daerah galian dapat diketahui dengan bantuan software Auto CAD dengan fungsi AREA, untuk STA 0+150 luas daerah urugan = $0,3275 \text{ m}^2$ sedangkan pada STA 0+200 luas daerah urugan = 0 m^2
- Menghitung rata-rata volume = $\frac{\text{Luas daerah 1} + \text{luas daerah 2}}{2} \times \text{panjang jalan}$
- $\frac{0,3275 \text{ m}^2 + 0 \text{ m}^2}{2} \times 50 \text{ m} = 8,1875 \text{ m}^3$
- Perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung banyak volume urugan tanah sepanjang segmen jalan dengan potongan tiap segmen jalan sepanjang 50 m

Berikut adalah tabel rekapitulasi perhitungan volume urugan tanah :

Tabel 7. 2 Rekapitulasi Perhitungan Volume Urugan Tanah

STA	Luas (m ²)	Jarak (m)	Volume (m ³)
0+000	0.0485		10.7875
0+050	0.383	50	16.1875
0+100	0.2645	50	14.8
0+150	0.3275	50	12.4125
0+200	0.169	50	4.575
0+250	0.014	50	1.175
0+300	0.033	50	1.55
0+350	0.029	50	8.0125
0+400	0.2915	50	16.4625
0+450	0.367	50	25.35
0+500	0.647	50	18.7875
0+550	0.1045	50	7.0875
0+600	0.179	50	6.975
0+650	0.1	50	6.6375
0+700	0.1655	50	21.05
0+750	0.6765	50	19.825
0+800	0.1165	50	4.975
0+850	0.0825	50	4.325
0+900	0.0905	50	15.0875
0+950	0.513	50	48.975
1+000	1.446	50	54.525
1+050	0.735	50	39
1+100	0.825	50	20.625
1+150	0	50	2.425
1+200	0.097	50	5.725
1+250	0.132	50	9.4

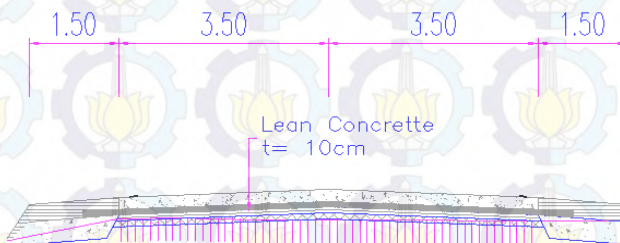
1+300	0.244	50	6.1
1+350	0	50	6.0875
1+400	0.2435	50	9.025
1+450	0.1175	50	6.725
1+500	0.1515	50	8.125
1+550	0.1735	50	15.7875
1+600	0.458	50	13.0625
1+650	0.0645	50	18.2
1+700	0.6635	50	18.3125
1+750	0.069	50	19.7375
1+800	0.7205	50	19.775
1+850	0.0705	50	3.7875
1+900	0.081	50	3.4625
1+950	0.0575	50	3.7125
2+000	0.091	50	8.325
2+050	0.242	50	16.1875
2+100	0.4055	50	17.55
2+150	0.2965	50	8.1375
2+200	0.029	50	2.925
2+250	0.088	50	22.1
2+300	0.796	50	36.2375
2+350	0.6535	50	24.4375
2+400	0.324	50	26.0625
2+450	0.7185	50	36.4125
2+500	0.738	50	21.575
2+550	0.125	50	9.9625
2+600	0.2735	50	23.275
2+650	0.6575	50	28.175
2+700	0.4695	50	31.1375

2+750	0.776	50	38.4
2+800	0.76	50	21.1
2+850	0.084	50	3.425
2+900	0.053	50	6.6375
2+950	0.2125	50	24.6125
3+000	0.772	50	38.125
3+050	0.753	50	29.375
3+100	0.422	50	20.875
3+150	0.413	50	24.8375
3+200	0.5805	50	22.8375
3+250	0.333	50	16.6625
3+300	0.3335	50	19.925
3+350	0.4635	50	45.5125
3+400	1.357	50	42.2375
3+450	0.3325	50	18.7875
3+500	0.419	50	
Total			1234.4875

Sumber : Hasil Pengolahan Data

2. Pekerjaan Perkerasan berbutir

a. Pekerjaan lapisan *lean concrete* (m³)



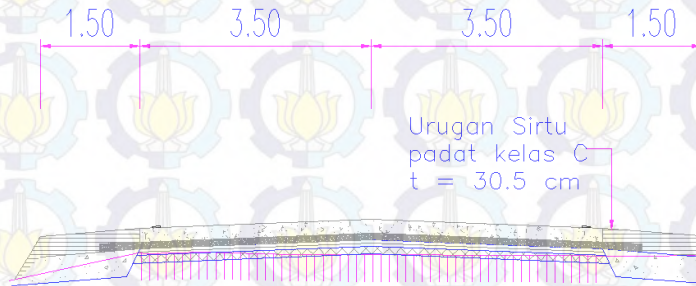
Gambar 7.3 Dimensi Lean Concrete

- Lebar *lean concrete*: 8,2 m
- Tebal lapisan : 0,10 m

- Panjang jalan : 3500 m

$$\text{Volume} : 8,2 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 3500 \text{ m} = 2870 \text{ m}^3$$

b. Pengurugan sirtu padat (Bahu Jalan)



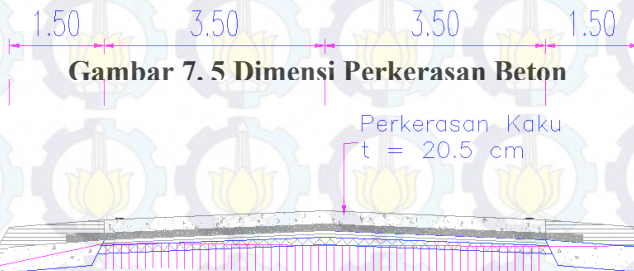
Gambar 7. 4 Dimensi Bahu Jalan

- Lebar bahu : 1,5 m
- Tebal : 0,305 m
- Panjang jalan : 3500 m

$$\text{Volume} : 1,5 \text{ m} \times 0,305 \text{ m} \times 3500 \text{ m} \times 2 = 3202.5 \text{ m}^3$$

3. Pekerjaan Beton

a. Beton K – 400 (m^3)



Gambar 7. 5 Dimensi Perkerasan Beton

- Lebar jalan : 7 m
- Tebal perkerasan : 0,205 m
- Panjang jalan : 3500 m

$$\text{Volume} : 7 \text{ m} \times 0,205 \text{ m} \times 3500 \text{ m} = 5022.5 \text{ m}^3$$

b. Penulangan (kg)

- Tulangan memanjang Ø12:

$$0,89 \text{ Kg} \times 77,78 \times 1400 = 96911,11 \text{ Kg}$$

- Tulangan melintang Ø12:

$$0,89 \text{ Kg} \times 38,89 \times 1400 = 48455,56 \text{ Kg}$$

- Dowel (Ulir) D 33 :

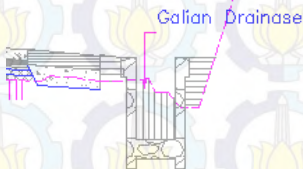
$$6,313 \text{ Kg} \times 10,48 \times 1398 = 92536,14 \text{ Kg}$$

- Tie Bars D 16 :

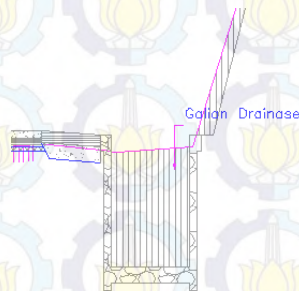
$$1,578 \times 3,5 \times 1400 = 7732,2 \text{ Kg}$$

4. Pekerjaan drainase

- a. Berikut ini adalah contoh perhitungan volume galian untuk drainase (m³) :



Gambar 7. 7 Sketsa Potongan Melintang STA



Gambar 7. 6 Sketsa Potongan Melintang STA

Cara menghitung volume galian drainase pada STA 0+150 – STA 0+200 :

- Menghitung luas daerah galian dapat diketahui dengan bantuan software Auto CAD dengan fungsi AREA, untuk STA 0+150 luas daerah galian drainase = 0,431 m² sedangkan pada STA 0+200 luas daerah galian drainase = 3,017 m²

- Menghitung rata-rata volume =

$$\frac{\text{Luas daerah 1} + \text{luas daerah 2}}{2} \times \text{panjang jalan}$$

$$= \frac{0,431 \text{ m}^2 + 3,017 \text{ m}^2}{2} \times 50 \text{ m} = 86,2 \text{ m}^3$$

- Perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung banyak volume galian drainase tiap segmen

Berikut adalah tabel rekapitulasi perhitungan volume galian tanah :

Tabel 7. 3 Rekapitulasi Perhitungan Galian Drainase

STA	Luas (m ²)	Jarak (m)	Volume (m ³)
0+000	0.336		16.125
0+050	0.309	50	21.95
0+100	0.569	50	25
0+150	0.431	50	34.95
0+200	0.967	50	42.9125
0+250	0.7495	50	27.6875
0+300	0.358	50	20.4625
0+350	0.4605	50	62.1875
0+400	2.027	50	50.675
0+450	0	50	0
0+500	0	50	7.325
0+550	0.293	50	18.675
0+600	0.454	50	24.125
0+650	0.511	50	24.075
0+700	0.452	50	11.3
0+750	0	50	0
0+800	0	50	9.5625

0+850	0.3825	50	13.9875
0+900	0.177	50	9.125
0+950	0.188	50	4.7
1+000	0	50	21.125
1+050	0.845	50	36.1875
1+100	0.6025	50	35.2
1+150	0.8055	50	32.4125
1+200	0.491	50	37.075
1+250	0.992	50	43.675
1+300	0.755	50	41.3125
1+350	0.8975	50	38.1625
1+400	0.629	50	42.325
1+450	1.064	50	52.7625
1+500	1.0465	50	43.025
1+550	0.6745	50	52.8625
1+600	1.44	50	72
1+650	1.44	50	72
1+700	1.44	50	62.4125
1+750	1.0565	50	26.4125
1+800	0	50	13.9625
1+850	0.5585	50	22.975
1+900	0.3605	50	16.5875
1+950	0.303	50	14.2125
2+000	0.2655	50	11.2125
2+050	0.183	50	13.875
2+100	0.372	50	24.325
2+150	0.601	50	31.7875
2+200	0.6705	50	30.0125
2+250	0.53	50	13.25

2+300	0	50	0
2+350	0	50	1.7625
2+400	0.0705	50	4.25
2+450	0.0995	50	20.6
2+500	0.7245	50	29.8375
2+550	0.469	50	20.0375
2+600	0.3325	50	27.6
2+650	0.7715	50	56.8125
2+700	1.501	50	37.525
2+750	0	50	0
2+800	0	50	7.3875
2+850	0.2955	50	13.55
2+900	0.2465	50	14.75
2+950	0.3435	50	8.5875
3+000	0	50	0
3+050	0	50	9.775
3+100	0.391	50	19.3375
3+150	0.3825	50	10.35
3+200	0.0315	50	8.525
3+250	0.3095	50	13.125
3+300	0.2155	50	6.075
3+350	0.0275	50	9.275
3+400	0.3435	50	21.0375
3+450	0.498	50	22.4625
3+500	0.4005	50	
		Total	1672.5125

Sumber : Hasil Pengolahan Data

- b. Berikut ini adalah contoh perhitungan volume pemasangan batu kali :



tipe 1
(1m x 1m)

Gambar 7. 8 Dimensi Drainase









Cara menghitung volume pasangan batu kali pada drainase tipe 1:

- Menghitung luas daerah galian dapat diketahui dengan bantuan software Auto CAD dengan fungsi AREA, luas daerah drainase tipe 1 = $0,76 \text{ m}^2$
- Menghitung volume =
luas pasangan batu kali x panjang jalan
- $0,76 \text{ m}^2 \times 447 \text{ m} = 339,72 \text{ m}^3$
- Perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung banyak volume pasangan batu kali sepanjang segmen jalan.

Berikut adalah tabel rekapitulasi perhitungan volume pasangan batu kali :

Tabel 7. 4 Rekapitulasi Perhitungan Volume Pasangan Batu Kali

Tipe	Luas (m ²)	Panjang (m)	Volume (m ³)
------	---------------------------	----------------	-----------------------------

 tipe 1 (1m x 1m)	0.76	555	421.8
 tipe 2 (0.9m x 0,95m)	0.71	199	141.29
 tipe 3 (0.6 m x 0.9 m)	0.64	358	229.12
 tipe 4 (0.8m x 1.4m)	0.86	537	461.82
 tipe 5 (0.8m x 0.85m)	0.66	699	461.34
 tipe 6 (1.4m x 1.3m)	0.96	286	274.56
 tipe 7 (1.2m x 1.2m)	0.88	290	255.2
 tipe 8 (0.6m x 1.2m)	0.74	551	407.74
Total			2652.87

Sumber : Hasil Pengolahan Data

c. Pengadaan gorong-gorong baru dengan menggunakan precast beton. Berikut adalah perhitungan kebutuhan jumlah precast gorong-gorong:

- Dimensi precast gorong-gorong dengan diameter x panjang = 1,5 m x 0,5 m
- Total panjang gorong-gorong = 81 m
- Kebutuhan = $81 / 0,5 = 162$ buah precast gorong-gorong

5. Pekerjaan Minor (m^2)

Marka jalan :

- Marka tengah : asumsi 1 km = $16,2 m^2$

Total : $3,5 \times 16,2 m^2 = 56,7 m^2$

- Marka tepi : $0,12 m \times 2 = 0,24 m$

Total : $0,24 m \times 3500 m = 840 m^2$

Volume : $840 m^2 + 56,7 m^2 = 896,7 m^2$

7.2 Daftar Harga Satuan

Tabel 7. 5 Harga Satuan Pekerja

No	Nama Pekerja	Upah (jam)	Upah (hari)
1	Pembantu Tukang	Rp 6,925.00	Rp 55,400.00
2	Tukang	Rp 8,300.00	Rp 66,400.00
3	Mandor	Rp 9,670.00	Rp 77,360.00
4	Operator	Rp 8,300.00	Rp 66,400.00
5	Mekanik	Rp 8,300.00	Rp 66,400.00
6	Kepala Tukang	Rp 8,500.00	Rp 68,000.00

Sumber : Harga Satuan Dasar Jawa Timur 2015 UPT Pacitan

Tabel 7. 6 Harga Satuan Alat Berat

No	Nama Alat	Satuan	Harga Satuan	Total Harga (hari)
1	Dump Truk	Bh	Rp258,125.00	Rp2,065,000.00
2	Truk Mixer	Bh	Rp950,000.00	Rp7,600,000.00

3	Excavator	Bh	Rp453,291.00	Rp3,626,328.00
4	Vibrator Truss Screed	Hari	Rp200,000.00	Rp1,600,000.00

Sumber : Harga Satuan Dasar Jawa Timur 2015 UPT Pacitan

Tabel 7. 7 Harga Satuan Bahan dan Material

No	Nama Bahan	Satuan	Harga satuan	Total Harga
1	Semen PC 40 Kg	Kg	Rp 1.550.00	Rp 62,000.00
2	Pasir cor/beton	M3	Rp 251,563.00	Rp 251,563.00
3	Batu Pecah mesin 0.5 cm	M3	Rp 241,700.00	Rp 241,700.00
4	Air	Liter	Rp 27.00	Rp 27.00
5	Kayu Meranti Bekisting	m3	Rp 2,800,000.00	Rp 2,800,000.00
6	Paku Usuk	kg	Rp 16,000.00	Rp 16,000.00
7	Minyak Bekisting	ltr	Rp 27,500.00	Rp 27,500.00
8	Kayu Kamper 4/6	m3	Rp 5,203,125.00	Rp 5,203,125.00
9	Plywood 9 mm	lembar	Rp 98,000.00	Rp 98,000.00
10	Besi Beton polos/ulir	kg	Rp 11,000.00	Rp 11,000.00
11	Kawat ikat	kg	Rp 16,800.00	Rp 16,800.00
12	Semen PC 50 Kg	zak	Rp 1,550.00	Rp 77,500.00
13	Pasir Pasang	m3	Rp 175,000.00	Rp 175,000.00
14	Batu Kali belah 15/20 cm	m3	Rp 140,000.00	Rp 140,000.00

Sumber : Harga Satuan Dasar Jawa Timur 2015 UPT Pacitan

7.3 Harga Satuan Pokok Pekerjaan

1. Pekerjaan Tanah

Tabel 7. 8 HSPK Pekerjaan Galian Tanah dengan Alat Berat

	Galian Tanah dengan Alat Berat (m3)
--	-------------------------------------

	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1.	Mandor	0.007	OH	Rp 77,360.00	Rp 541.52
2.	Pekerja	0.226	OH	Rp 55,400.00	Rp 12,520.40
B.	Bahan				
	-				
C.	Peralatan				
1.	Exavator	0.067	jam	Rp 453,291.00	Rp 30,370.50
2.	Dump Truck	0.067	jam	Rp 258,125.00	Rp 17,294.38
3.	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 60,726.79
	Overhead Profit 10%				Rp 6,072.68
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 66,799.47

Sumber : Hasil Pengolahan Data

2. Pekerjaan Urugan Tanah

Tabel 7. 9 HSPK Pekerjaan Urugan Tanah dengan Pemadatan

Pengurugan tanah dengan pemadatan					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1.	Mandor	0.01	OH	Rp 77,360.00	Rp 773.60
2.	Pekerja	0.3	OH	Rp 55,400.00	Rp 16,620.00
B.	Bahan				
1	Pasir Urug	1.2	m3	Rp 143,500.00	Rp 172,200.00
C.	Peralatan				
1.	Sewa Alat Bantu 1 set	8	Jam	Rp 1,100.00	Rp 8,800.00

	@3set				
	Total				Rp 198,393.60
	Overhead Profit 10%				Rp 19,839.36
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 218,232.96

Sumber : Hasil Pengolahan Data

3. Pekerjaan Perkerasan Berbutir

Tabel 7. 10 HSPK Pekerjaan Beton K-175 (*Lean Cconcrete*)

Pekerjaan Lean Concrete (Beton K-175)					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.083	OH	Rp 77,360.00	Rp 6,420.88
2	Kepala Tukang	0.028	OH	Rp 68,000.00	Rp 1,904.00
3	Tukang	0.275	OH	Rp 66,400.00	Rp 18,260.00
4	Pembantu Tukang	1.65	OH	Rp 55,400.00	Rp 91,410.00
B.	Bahan				
1	Semen PC 40 Kg	8.15	Zak	Rp 62,000.00	Rp 505,300.00
2	Pasir Cor/Beton	0.480625	m3	Rp 251,563.00	Rp 120,907.47
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.541578947	m3	Rp 241,700.00	Rp 130,899.63
4	Air Kerja	215	Liter	Rp 27.00	Rp 5,805.00
C	Peralatan				
1	Truk Mixer 7 m3	0.142857	Jam	Rp 950,000.00	Rp 135,714.15
2	Vibratory Truss screed	1.142857	Jam	Rp 200,000.00	Rp 228,571.40
	Total				Rp 872,582.10
	Overhead Profit 10%				Rp 87,258.21
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 959,840.31

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 7. 11 HSPK Pekerjaan Pengurugan SIRTU

	Pengurugan Sirtu (PADAT)				
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1.	Mandor	0.025	OH	Rp 77,360.00	Rp 1,934.00
2.	Pekerja	0.25	OH	Rp 55,400.00	Rp 13,850.00
B.	Bahan				
	Sirtu	1.2	m3	Rp 97,500.00	Rp 117,000.00
C.	Peralatan				
1.	Sewa Stemper	0.0088	jam	Rp 104,500.00	Rp 919.60
	Total				Rp 133,703.60
	Overhead Profit 10%				Rp 13,370.36
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 147,073.96

Sumber : Hasil Pengolahan Data

4. Pekerjaan Perkerasan Beton

Tabel 7. 12 HSPK Pekerjaan Beton K-400 (Perkerasan Beton)

	Pekerjaan Perkerasan Beton K-400				
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.15	OH	Rp 77,360.00	Rp 11,604.00
2	Kepala Tukang	0.035	OH	Rp 68,000.00	Rp 2,380.00
3	Tukang	0.703	OH	Rp 66,400.00	Rp 46,679.20
4	Pembantu Tukang	1.41	OH	Rp 55,400.00	Rp 78,114.00
B.	Bahan				
1	Semen PC 40 Kg	0.62	Zak	Rp 62,000.00	Rp 38,440.00
2	Pasir Cor/Beton	0.79	m3	Rp 251,563.00	Rp 198,734.77

3	Air	215	Liter	Rp 27.00	Rp 5,805.00
4	Agregat Kasar	0.541578947	kg	Rp 241,700.00	Rp 130,899.63
C	Peralatan				
1	Truk Mixer 7 m3	0.142857	Jam	Rp 950,000.00	Rp 135,714.15
2	Vibratory Truss screed	1.142857	jam	Rp 200,000.00	Rp 228,571.40
	Total				Rp 876,942.15
	Overhead Profit 10%				Rp 87,694.22
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 964,636.37

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 7. 13 HSPK Pekerjaan Pembesian (Polos)

Pengerjaan Pembesian (Besi Polos)					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.0004	OH	Rp 77,360	Rp 31
2	Kepala Tukang	0.0007	OH	Rp 68,000	Rp 48
3	Tukang	0.007	OH	Rp 66,400	Rp 465
4	Pekerja	0.007	OH	Rp 55,400	Rp 388
B.	Bahan				
1	Besi beton polos	1.05	kg	Rp 10,500	Rp 11,025
2	kawat	0.015	kg	Rp 16,800	Rp 252
C.	Peralatan				
	-				
	Total				Rp 12,208
	Overhead Profit 10%				Rp 1,221
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 13,429

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 7. 14 HSPK Pekerjaan Pembesian (Ulir)

Pengerjaan Pembesian (Besi Ulir)					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.0004	OH	Rp 77,360	Rp 31
2	Kepala Tukang	0.0007	OH	Rp 68,000	Rp 48
3	Tukang	0.007	OH	Rp 66,400	Rp 465
4	Pekerja	0.007	OH	Rp 55,400	Rp 388
B.	Bahan				
1	Besi beton ulir	1.05	kg	Rp 11,000	Rp 11,550
2	kawat	0.015	kg	Rp 16,800	Rp 252
C.	Peralatan				
	-				
	Total				Rp 12,733
	Overhead Profit 10%				Rp 1,273
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 14,006

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 7. 15 HSPK Pekerjaan Bekisting

Pengerjaan Bekisting					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.033	OH	Rp 77,360	Rp 2,553
2	Kepala Tukang	0.033	OH	Rp 68,000	Rp 2,244
3	Tukang	0.33	OH	Rp 66,400	Rp 21,912
4	Pekerja	0.66	OH	Rp 55,400	Rp 36,564
B.	Bahan				
1	Paku Eternit	0.4	kg	Rp 16,000	Rp 6,400

2	Plywood uk.122x244x9 mm	0.35	Lembar	Rp 93,600	Rp 32,760
3	Kayu Kamper balok 4/6, 5/7	0.015	M3	Rp 6,400,000	Rp 96,000
4	Kayu meranti bekisting	0.04	M3	Rp 3,200,000	Rp 128,000
5	Minyak Bekisting	0.2	Liter	Rp 28,300	Rp 5,660
C.	Peralatan				
	-				
	Total				Rp 332,093
	Overhead Profit 10%				Rp 33,209
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 365,302

Sumber : Hasil Pengolahan Data

5. Pekerjaan Drainase

Tabel 7. 16 HSPK Pekerjaan Galian Drainase

Galian Drainase					
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.025	OH	Rp 77,360	Rp 1,934
4	Pembantu Tukang	0.75	OH	Rp 55,400	Rp 41,550
B.	Bahan				
	-				
C.	Peralatan				
1	Sewa Alat Bantu 1set @ 3 alat	1	m3	Rp 1,100	Rp 1,100
	Total				Rp 44,584
	Overhead Profit 10%				Rp 4,458
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 49,042

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 7. 17 HSPK Pekerjaan Pasangan Batu Kali

	Pekerjaan Pemasangan Batu Kali (1pc : 3ps)				
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan
A	Tenaga				
1	Mandor	0.075	OH	Rp 77,360	Rp 5,802
2	Kepala Tukang	0.075	OH	Rp 68,000	Rp 5,100
3	Tukang	0.75	OH	Rp 66,400	Rp 49,800
4	Pekerja	1.5	OH	Rp 55,400	Rp 83,100
B.	Bahan				
1	Semen PC 50 Kg	4.04	Zak	Rp 66,000	Rp 266,640
2	Pasir Pasang/Plester	0.485	m3	Rp 175,000	Rp 84,875
3	Batu Kali Belah 15/20	1.2	m3	Rp 140,000	Rp 168,000
C.	Peralatan				
	-				
	Total				Rp 663,317
	Overhead Profit 10%				Rp 66,332
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 729,649

Sumber : Hasil Pengolahan Data

6. Pekerjaan Minor

Tabel 7. 18 HSPK Pekerjaan Minor

	Pekerjaan Minor				
	komponen	koefisien	satuan	harga satuan dasar	total harga satuan

A	Tenaga				
1	Mandor	0.075	OH	Rp 77,360.00	Rp 5,802.00
3	Tukang	0.225	OH	Rp 66,400.00	Rp 14,940.00
4	Pembantu Tukang	0.6	OH	Rp 55,400.00	Rp 33,240.00
B.	Bahan				
1	Thermoplastic	1.95	Kg	Rp 444,000.00	Rp 865,800.00
2	Glass Bead	0.45	Kg	Rp 35,000.00	Rp 15,750.00
3	Minyak Thinner	1.05	Liter	Rp 27,500.00	Rp 28,875.00
C	Peralatan				
1	Compressor	0.075	Jam	Rp 152,723.00	Rp 11,454.23
2	Alat Bantu	1	Ls		
	Total				Rp 970,059.23
	Overhead Profit 10%				Rp 97,005.92
	Total Harga Satuan Pekerjaan				Rp 1,067,065.15

Sumber : Hasil Pengolahan Data

7.3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Tabel 7. 19 Rekapitulasi Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan(Rp)	Total Satuan (Rp)
A Pekerjaan Persiapan					
1	Mobilisasi		Ls	Rp 4,500,000.00	Rp 4,500,000.00
2	Direksi Keet		Ls	Rp 7,000,000.00	Rp 7,000,000.00
3	Pengaturan Lalu Lintas		Ls	Rp 2,000,000.00	Rp 2,000,000.00
B Pekerjaan Tanah					
1	Galian Tanah dengan Alat Berat	81.000	M ³	Rp 66,799.47	Rp 5,410,757.17
2	Pengurugan Tanah dengan Pemadatan	1672.513	M ³	Rp 218,232.96	Rp 364,997,353.51
C Pekerjaan Perkerasan					
1	Pekerjaan Lean Concrette	2870.000	M ³	Rp 959,840.31	Rp 2,754,741,689.70
2	Pengurugan Sirtu Padat untuk Bahu Jalan	3202.500	M ³	Rp 147,073.96	Rp 471,004,356.90
3	Perkerasan Beton	5022.500	M ³	Rp 964,636.37	Rp 4,844,886,168.33
D Pembesian					
1	Besi Polos	145366.667	M ³	Rp 13,429.00	Rp 1,952,128,966.67
2	Besi Ulir	100268.343	M ³	Rp 14,006.00	Rp 1,404,358,417.52
E Pekerjaan Bekisting					
1	Bekisting untuk Perkerasan Beton	6125.000	M ²	Rp 365,302.00	Rp 2,237,474,750.00
F Pekerjaan Drainase					
1	Galian untuk Drainase	1672.513	M ³	Rp 49,042.40	Rp 82,024,027.03
2	Pemasangan Batu Kali	2652.870	M ³	Rp 729,516.70	Rp 1,935,312,967.93
3	Gorong-gorong dia 1,5 m panjang 50 cm (<i>Precast</i>)	162.000	bh	Rp 650,000.00	Rp 105,300,000.00
G Pekerjaan Minor					
1	Pekerjaan Marka dan Rambu	896.700	M ²	Rp 1,067,065.15	Rp 956,837,317.76
	Jumlah				Rp 17,127,976,772.51
	PPN 10%				Rp 1,712,797,677.25
	Total Biaya				Rp 18,840,774,449.76

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Jadi, rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan peningkatan ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo adalah **Rp. 18,840,774,449.76** (Terbilang Delapan Belas Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Empat Ratus Empat Puluh Sembilan Rupiah).



BAB VIII PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan peningkatan jalan dengan perkerasan kaku pada ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo KM 260+700 – KM 264+100 Kabupaten Pacitan Jawa Timur dengan panjang sebesar 3500 m dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan analisa kapasitas jalan pada kondisi eksisting 2/2 UD dengan lebar badan jalan 7 m selama umur rencana yaitu mulai tahun 2017 – 2037 ternyata tidak diperlukan pelebaran jalan karena nilai DS sampai akhir umur rencana masih di bawah 0,75.
2. Peningkatan jalan menggunakan Beton K – 400 dengan tebal slab beton 20,5 cm dan tebal pondasi bawah CBK (*Lean Concrete*) 10 cm. kemudian untuk tulangan memanjang menggunakan diameter 12 mm dengan jarak 225 mm dan tulangan melintang menggunakan diameter 12 mm dengan jarak 450 mm.
3. Perencanaan saluran tepi menggunakan bentuk segi empat dengan menggunakan bahan pasangan batu kalidengan dimensi saluran sebagai berikut :



tipe 1
(1m x 1m)

Gambar 8. 1 Drainase



tipe 2
(0.9m x 0,95m)

Gambar 8. 2 Drainase



tipe 3
(0.6 m x 0.9 m)

Gambar 8. 3 Drainase



tipe 4
(0.8m x 1.4m)

Gambar 8. 4 Drainase



tipe 5
(0.8m x 0.85m)

Gambar 8. 5 Drainase



tipe 6
(1.4m x 1.3m)

Gambar 8. 6 Drainase



tipe 7
(1.2m x 1.2m)

Gambar 8. 8 Drainase



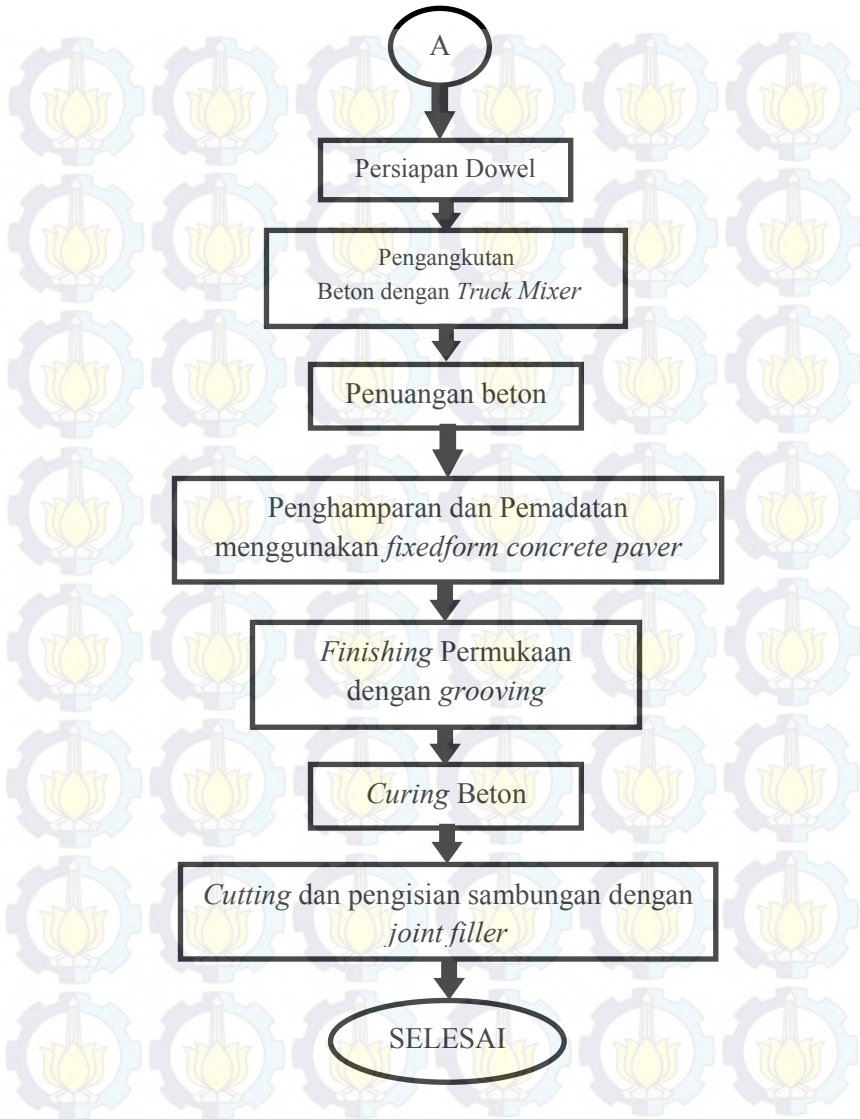
tipe 8
(0.6m x 1.2m)

Gambar 8. 7 Drainase

4. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan peningkatan ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo adalah **Rp. 18,840,774,449.76** (Terbilang Delapan Belas Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Empat Ratus Empat Puluh Sembilan Rupiah).

5. Berikut adalah metode pelaksanaan peningkatan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku pada ruas jalan Pacitan – Bts. Kab. Ponorogo KM Sby. 260+700 – KM Sby. 264+100 :





8.2 Saran

Dari hasil uraian di atas, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :

1. Diperlukan data lalu lintas yang lebih lengkap dan pengecekan dengan survey lalu lintas langsung ke lapangan agar didapatkan nilai pertumbuhan yang lebih akurat. Sebaiknya juga ditunjang dengan data sekunder yang valid agar tidak mengalami pertumbuhan lalu lintas yang janggal.
2. Penambahan lapis *Lean Concrete* pada perkerasan ditujukan sebagai rantai kerja untuk mencegah keretakan beton akibat permukaan aspal yang tidak rata.
3. Pada tugas akhir ini perhitungan tebal perkerasan jalan hanya selebar badan jalan eksisting karena dalam perencanaan tugas akhir ini tidak membutuhkan pelebaran jalan. Apabila nantinya diperlukan pelebaran jalan maka perlu dihitung kembali kebutuhan tebal perkerasan jalan pada pelebaran jalan dengan menggunakan data tanah yang sudah ada atau diperbarui.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, “**Manual Kapasitas Jalan Indonesia Untuk Jalan Dalam Kota**”.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, “**Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota**”.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, “**Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen**”, Pd T-14-2003

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina marga, “**Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan**”, SNI 03-3424-1994

Saodang, Hemana. 2010. Konstruksi Jalan Raya. Bandung: NOVA

Hardiyanto, Hary Christady. 2007. Pemeliharaan Jalan Raya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

BIODATA PENULIS



TULUS SAPUTRO Penulis dilahirkan di Sidoarjo 21 April 1995. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Wachid Hasjim Sedati Gede Kec. Sedati Kab. Sidoarjo pada tahun 1999-2001, SD Negeri Sedati Gede 1 pada tahun 2001-2007, SMP Negeri 1 Sedati pada tahun 2007-2010, SMA Negeri 1 Waru pada tahun 2010-2013.

Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Waru, penulis mengikuti ujian Seleksi Masuk Diploma III Reguler ITS dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil pada tahun 2013. Penulis terdaftar dengan nomor NRP 3113030070. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil konsentrasi bidang Bangunan Transportasi. Penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan seminar dan Unit Kegiatan Mahasiswa di kampus. Penulis juga pernah terdaftar dalam kepengurusan HMDS dan menjabat sebagai kepala departemen Olahraga dan Seni pada periode 2014-2015 dan sebagai kepala divisi kaderisasi dalam departemen SRD (*Student Resource Development Departement*) HMDS pada periode 2015-2016.

BIODATA PENULIS



RISANDA YUGO PRATAMA

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal, 25 April 1995, penulis menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Surabaya, SDI Darut Taqwa Surabaya, SMPN 6 Surabaya, SMAN 1 Surabaya, setelah lulus melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Sipil ITS pada tahun 2013 dengan NRP 3113030080. Penulis mengambil konsentrasi studi

Bangunan Transportasi. Penulis sempat mengikuti kerja praktek di PT Pelindo dalam proyek pembangunan dermaga curah kering teluk lamong. Pada program Studi D3 teknik Sipil ini penulis mengambil judul proyek akhir di bidang transportasi/perhubungan. Penulis bisa dihubungi via email : risandayugop@gmail.com